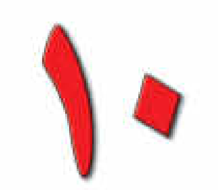




حكومة إقليم كوردستان ـ العراق
وزارة التربية ـ المديرية العامة للمناهج والمطبوعات

العلـــوم للجميـــع

عِلمُ الأحيـاء

كتاب الطالب - الصف العاشر العلمي

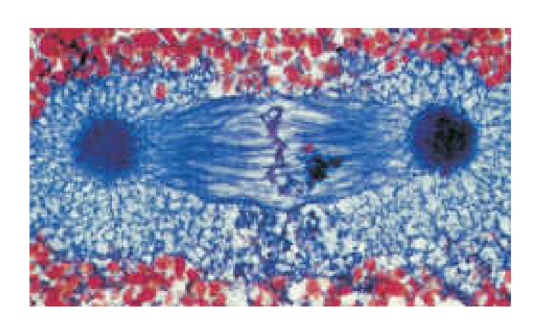
الطبعة الثامنة
٢٠١٥م / ٢٧١٥ كوردي / ١٤٣٦ هـ

الأشراف الفني على الطبع
عثمان پيرداود كواز
آمانج اسماعيل عبدي

المحتويات

الفصلُ 4

تكاثُر الخلايا 70



الوحدةُ 3 علمُ البيئة 86

الفصلُ 5

مدخلٌ إلى علمِ البيئة 88

الفصلُ 6

الجماعاتُ الأحيائيّة 102

الفصلُ 7

علمُ بيئةِ المجتمع الأحيائي 114

الفصلُ 8

النظم البيئيةُ والغلافُ الأحيائي 130

الفصلُ 9

علمُ المحيط البيئي 156

الوحدة 1

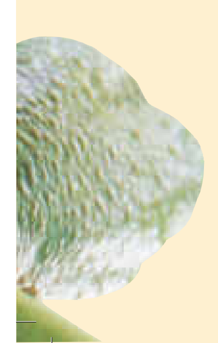


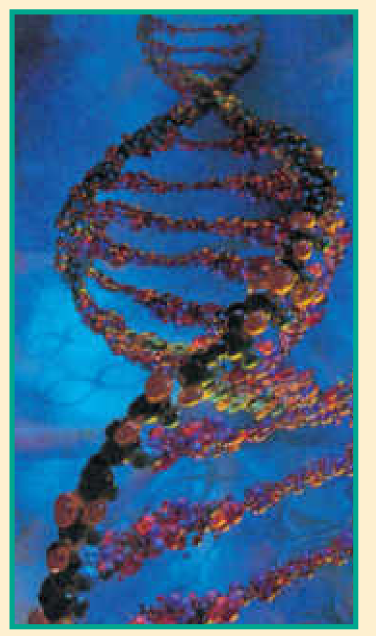
المبادئُ الأحيائية

الفصول



إن الكائناتِ الحيةَ التي تعيشُ في نظامِ التايغا البيئيِّ هذا، متكيفةٌ مع الجفافِ والمناخِ البارِد، الذي يفتقرُ إلى توفرِ الغذاءِ في فصلِ الشتاء.





الحمضُ النوويُّ منقوصُ الأكسجين DNA مسؤولٌ عن نقلِ المعلوماتِ الوراثيةِ إلى الكائناتِ الناتجة.

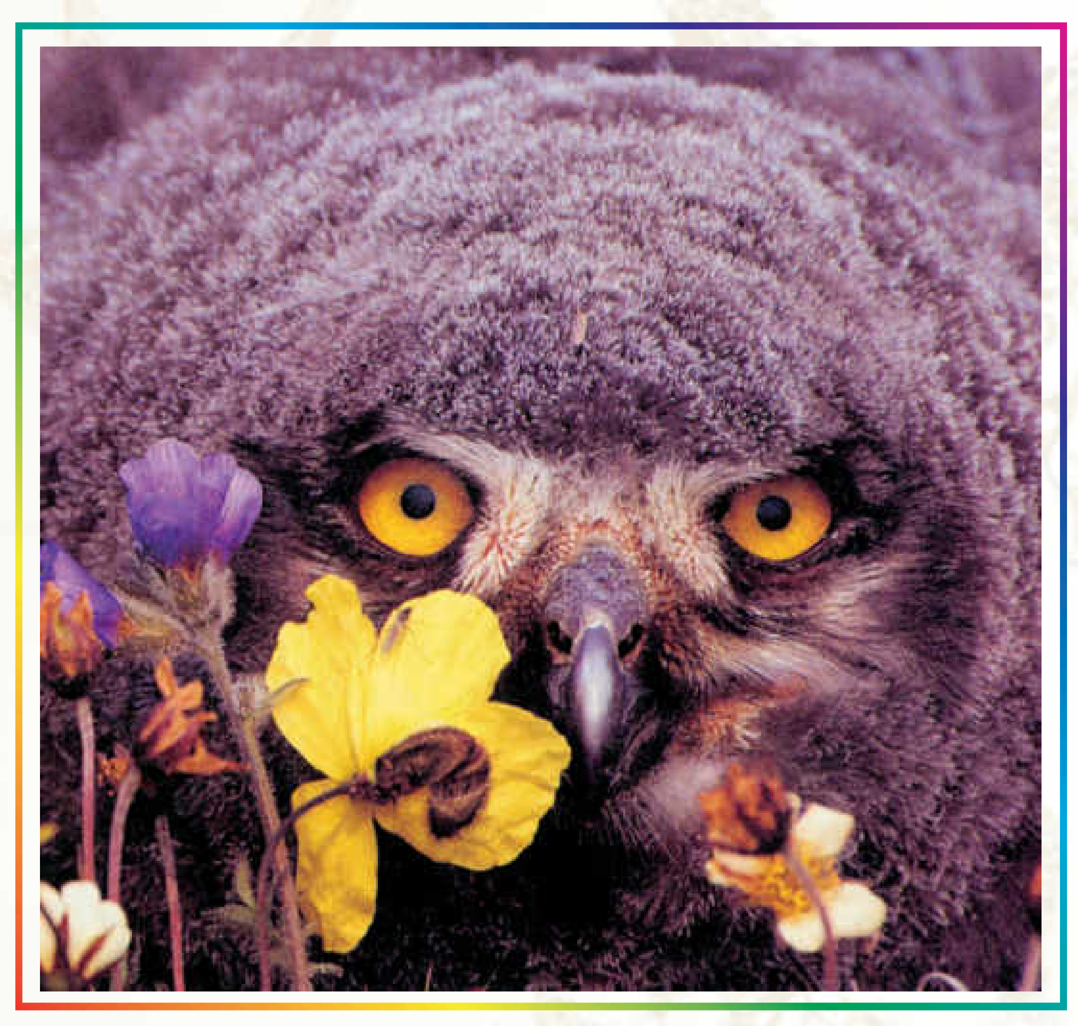


يتغذى هذا الباندا الكبيرُ على أوراقِ الخيزرانِ ليحصلَ على الطاقة. أما الزنبقُ المائيُّ لنهرِ الأمازونِ المبيَّنُ في الصورة، فيعيشُ في البركِ الضحلةِ الغنيَّةِ بالغذاء.

ضفدعُ الأشجارِ
ذو العينينِ الحمراوين

الفصــــلُ 1

علمُ الأحياء



يعيشُ البومُ الثلجيُّ Nyctea Scandiaca في التُّندرا المكشوفةِ، ويبني أعشاشهُ على الأرض. وقد فَقَّس فرخُ البومِ هذا في حقلٍ مليءٍ بالأزهار.

المفهومُ الرئيس: خصائصُ الأحياءِ وعملياتُ علمِ الأحياء.

وأنتَ تقرأُ، سجِّلْ ملاحظاتِكَ حولَ الخصائصِ التي تتقاسَمُها الكائناتُ الحيّة.

عالَمُ علمِ الأحياء

يكتظُّ عالَمُنا بتنوّعٍ هائلٍ من الكائناتِ الحيّة. هناكَ الديدانُ الأنبوبيةُ العملاقةُ التي تعيشُ في قاعِ المحيطاتِ قربَ فوهاتِ البراكينِ التي تسبّبُ غليانَ الماء. كما تنتشرُ الطحالبُ الحمراءُ على سطحِ الأنهارِ الجليديةِ وتغطّيها كبساط. كذلكَ تنمو البكتيريا في كافةِ أرجاءِ العالم، حتى في مسامِّ جلدِك. وقد قدّرَ العلماءُ وجودَ ما يقاربُ الأربعينَ مليونًا من أنواعِ الكائناتِ الحيّةِ المختلفة. إلا أنهم لم يستطيعوا تحديدَ أكثرَ من مليونَيْ نوعٍ حتى الآن. يهتمُّ **علمُ الأحياءِ Biology** بدراسةِ الكائناتِ الحيّةِ على أنواعِها.

القســـم
1-1

النواتجُ التعليمية

▲ يعدّدُ ستَّ خصائصَ للحياة.

● يصفُ كيفيةَ تنظيمِ جسمِ الكائنِ الحيّ.

■ يشرحُ كيفيةَ حصولِ الكائناتِ الحيةِ على ما تحتاجُ إليهِ منَ الطاقةِ للبقاءِ على قيدِ الحياة.

◆ يصفُ الفارقَ الرّئيسَ ما بينَ تركيبِ الكائناتِ الحيةِ وتركيبِ الأشياءِ غيرِ الحية.

▲ يوضحُ عدمَ اكتمالِ فهمِنا، حتى الآن، لجميعِ الكائناتِ الحيّةِ التي تسكنُ الأرض.

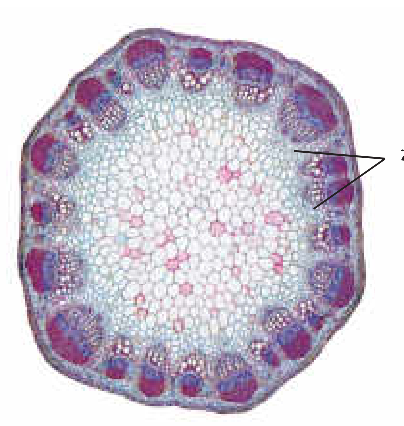
خصائصُ الحياة

الكائناتُ الحيّةُ Organisms كلُّها، مهما كانتْ درجةُ الاختلافِ فيما بينها، تشتركُ في بعضِ الخصائصِ التي تميّزُها ممّا عداها، وهي واردةٌ في ما يلي.

الخلايا

الخليّةُ هي الوحدةُ الأساسيةُ للحياة. والكائناتُ الحيّةُ كلُّها مكوَّنةٌ من خلايا. بعضُ الكائناتِ الحيّةِ تتكوّنُ من خليّةٍ واحدةٍ لذلكَ تُعرفُ **بالكائناتِ أحاديةِ الخليّة Unicellular organisms**. أمّا معظمُ الكائناتِ الحيّةِ التي تحيطُ بنا فتتكوّنُ أجسامُها من أكثرَ من خليّةٍ واحدةٍ، واسمُها **الكائناتُ عديدةُ الخلايا Multicellular organisms**.

في الكائناتِ عديدةِ الخلايا توجدُ خلايا متخصصة لأداءِ وظيفةٍ محدَّدة. على سبيلِ المثالِ، تضمُّ ساقُ النباتِ الظاهرةُ في الشكل 1-1، خلايا كثيرةً تؤدّي وظائفَ مختلفة. تحتوي الكائناتُ عديدةُ الخلايا الكبيرةُ على عددٍ كبيرٍ من الخلايا بينما تضمُّ الكائناتُ الأصغرُ خلايا أقل.



الشكل 1-1
الأنواعُ المختلفةُ في الخلايا النباتيةِ تقومُ بوظائفَ مختلفة. فخلايا الأنابيبِ الناقلةِ الدائريةِ الظاهرةُ في القطاعِ العرضيِّ تنقلُ الماءَ وموادَّ أخرى صعودًا وهبوطًا عبرَ ساقِ النبات.

التنظيم

أجسامُ الكائناتِ الحيةِ كلّها ذاتُ درجةٍ عاليةٍ منَ التنظيمِ على المستويينِ الجزيئيِّ والخلويِّ معًا. تقومُ بعضُ التراكيبِ المحدَّدةِ في الخلايا بوظائفَ خاصة. وفي معظمِ أنواعِ الكائناتِ مُتعدِّدةِ الخلايا تُنظَّمُ الخلايا أو مجموعاتُها تبعًا لوظائفِها. يتواجدُ الكثيرُ من الأنواعِ المختلفةِ من الخلايا، في آنٍ واحدٍ، في مقطعِ ساقِ النبات، ويمكنُ تمييزُ ذلك بسهولةٍ في الشكل 1-1.

استخدام الطاقة

الكائناتُ الحيّةُ كلُّها تستخدمُ الطاقةَ في عمليةٍ تُدعى **الأيض Metabolism**، والأيضُ يشملُ مجموعَ العملياتِ الكيميائيةِ التي تتمُّ في جسمِ الكائنِ الحيّ. الكائناتُ الحيّةُ بحاجةٍ إلى الطاقةِ من أجلِ المحافظةِ على تنظيمِها الجزيئيِّ والخلويّ، وكذلكَ من أجلِ النموِّ والتكاثر. معظمُ الطاقةِ اللازمةِ للحياةِ على الأرضِ مستمَدّةٌ منَ الشمس. تقومُ النباتاتُ وبعضُ أنواعِ الكائناتِ أُحاديةِ الخليّةِ بالتقاطِ طاقةِ الشمسِ وتحويلِها، عبرَ عمليةِ **البناءِ الضوئيِّ Photosynthesis**، إلى شكلٍ من أشكالِ الطاقةِ تستطيعُ استخدامَه.

الكائناتُ الحيّةُ التي تحصلُ على الطاقةِ اللازمةِ لها عن طريقِ إنتاجِ غذائِها بنفسِها، كالنبات، اسمُها الكائناتُ **ذاتيةُ التغذيةِ Autotrophs**. بعضُ هذه الكائناتِ يحوِّلُ الماءَ وثانيَ أكسيدِ الكربونِ الموجودَين في البيئةِ إلى مركّباتٍ غنيةٍ بالطاقةِ كالسكّرياتِ والنشاءِ، وفيما بعدُ تستخدمُها لتلبيةِ حاجاتِها من الطاقة. أما الكائناتُ **غيرُ ذاتيةِ التغذيةِ Heterotrophs** فيلزمُها الحصولُ على الغذاءِ من مصادرَ خارجيةٍ لتلبيةِ حاجاتِها منَ الطاقة. تضمُّ الكائناتُ غيرُ ذاتيةِ التغذيةِ الحيواناتِ والفِطْرياتِ والعديدَ من أنواعِ الكائناتِ أُحاديةِ الخليّة. ولمّا كانتِ الكائناتُ غيرُ ذاتيةِ التغذيةِ عاجزةً عن إنتاجِ غذائِها بنفسِها، فإنها تُضطرُّ إلى استهلاكِ كائناتٍ ذاتيةِ التغذيةِ، أو كائناتٍ أخرى غيرِ ذاتيةِ التغذية، أو النوعينِ معًا، للحصولِ على الطاقة.

الاتِّزانُ الداخليُّ

الكائناتُ الحيّةُ كلُّها، حتى الخلايا المنفردةُ، تحافظُ على استقرارِ ظروفِ وسطِها الداخليِّ الذي اسمُه **الاتِّزانُ الداخليّ Homeostasis**. تقومُ الخليّةُ بضبطِ وتنظيمِ كمّيةِ ما تحتوي عليهِ من الماءِ إما بامتصاصِ بعضِ الماءِ أو بإخراجِه. فالخليّةُ التي تمتصُّ كميّةً كبيرةً جدًّا من الماءِ قد تنفجرُ وتموت. تتمتَّعُ الكائناتُ عديدةُ الخلايا عادةً بأكثرَ من نظامٍ واحدٍ للمحافظةِ على وسطِها الداخليِّ، ومثالٌ على ذلكَ درجةُ الحرارة. إن ريشَ الطيرِ الظاهرَ في الشكل 1-2 يصبحُ أكثر انتصابًا في الطقسِ البارد، فيؤدي ذلكَ إلى احتجازِ طبقةٍ عازلةٍ من الهواءِ تلامسُ جسمَ الطير.

جذرُ الكلمةِ وأصلُها

الأيض

metabolism

منَ اليونانية metabole ومعناها «يغيِّر».

جذرُ الكلمةِ وأصلُها

البناءُ الضوئي

photosynthesis

منَ اليونانيةِ photo ومعناها « ضوء »، و syntithenai ومعناها « يجمع ».



الشكل 2-1

الكائناتُ الحيّةُ كلها، تحافظُ على اتزانِ وسطِها الداخلي. ولدى الحيواناتِ أكثرُ من آليّةٍ واحدة تمكّنُها منَ المحافظةِ على استقرارِ درجةِ حرارةِ أجسامِها. يقومُ هذا الطائرُ بنفشِ ريشِهِ في الطقسِ البارد ليبقى دافئًا.

النموّ

الكائناتُ الحيّةُ كلُّها تنمو، وتنمو كذلكَ الأشياءُ غيرُ الحيّة. تنمو الأشياءُ غيرُ الحيّةِ كالبلّوراتِ والجليدِ المتدلّي بتراكمِ المزيدِ من المادةِ التي تتكوّنُ منها هذهِ الأشياء. بينما تنمو الكائناتُ الحيّةُ نتيجةً لانقسامِ الخلايا وتزايدِ حجمِها. الكائنات أُحادية الخليّةِ ينشأُ عن انقسامِ خليّتِها المزيدُ منَ الكائناتِ الحيّة. إن **انقسامَ الخليّةِ Cell division** يُنتجُ خليّتينِ من خليّةٍ سابقةٍ، كما يبدو في الشكلِ 1-3. فيما بعد، تكبرُ الخليّتانِ الجديدتانِ حتى يبلغَ حجمُ كلٍّ منهُما حجمَ الخليّةِ البالغة. غيرَ أنَّ النموَّ في الكائناتِ عديدةِ الخلايا ينتجُ من تضافرِ عمليّتَي انقسامِ الخلايا وازديادِ حجمِها في آنٍ معًا.

تُسمّى العمليةُ التي تؤدي إلى نشوءِ الكائنِ الحيِّ البالغِ عمليةَ **التطوّر Development**. ينتجُ التطوّرُ عن انقساماتٍ خلويّةٍ متكرّرةٍ وعن **تمايزِ الخلايا Cell differentiation** الناتجة. معنى ذلكَ أنَّ الخلايا تصبحُ مختلفةً عن بعضِها أثناءَ تكاثرِها وقادرةً على القيامِ بأدوارِها المتنوّعةِ التي حُدّدتْ لها عبرَ التعليماتِ الوراثيةِ الخاصةِ بها. وبنتيجةِ ذلكَ يغدو الكائنُ الحيُّ مكوّنًا من خلايا عديدة. فجسمُك، على سبيلِ المثال، مكوَّنٌ من 50 تريليونًا منَ الخلايا، تنشأُ جميعُها من تخصيبِ بويضةٍ واحدة.

التكاثر

جميعُ أنواعِ الكائناتِ الحيّةِ تستطيعُ **التكاثرَ Reproduction**، أي إنتاجَ كائناتٍ جديدةٍ تشبهُ أبويها. ليستْ وظيفةُ التكاثرِ في المحافظةِ على بقاءِ الكائنِ الفردِ، لأنَّ الفردَ لا يعيشُ إلى الأبد. إن التكاثرَ ضروريٌّ في الأساسِ لاستمرارِ النوع. يضعُ «الضفدعُ الزجاجيُّ»، الظاهرُ في الشكلِ 1-4، بيوضًا عديدةً خلالَ حياتِه، لكنَّ عددًا قليلاً فقطْ من صغارِه يصلُ إلى مرحلةِ البلوغِ ويتكاثرُ بنجاح.

يوجدُ نوعانِ منَ التكاثر. التكاثرُ الجنسيُّ Sexual reproduction، الذي يتمُّ خلالَهُ دمجُ المعلوماتِ الوراثيةِ لفردينِ لإنتاجِ فردٍ بصفاتٍ وراثيةٍ جديدة.



نشاطٌ عمليٌ سريع

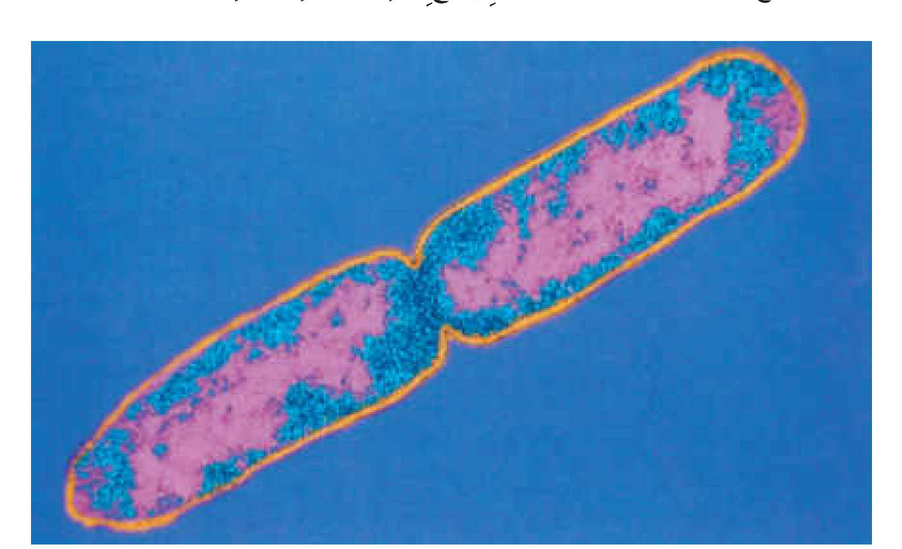
ملاحظةُ الاتزانِ الداخلي

الموادّ 3 كؤوسٍ سعةُ كلٍّ منها 500 mL، قلمُ شمعٍ، ماءُ صنبورٍ، ميزانُ حرارةٍ، ثلجٌ، ماءٌ ساخنٌ، سمكةٌ ذهبيةٌ، شبكةُ صيدٍ صغيرةٌ، ساعةُ يدٍ أو منبّه.

الإجراء

1. اكتبْ بقلمِ الشمعِ على الكؤوسِ تباعًا: 27°C و 20°C و 10°C. أضِفْ 250 mL من ماءِ الصنبورِ إلى كلِّ كأس. استخدمِ الماءَ الساخنَ أو الثلجَ لضبطِ درجةِ حرارةِ الماءِ في كلِّ كأسٍ لتبلغَ الدرجةَ المسجلةَ عليه.
2. ضعِ السمكةَ الذهبيةَ في الكأسِ التي تبلغُ حرارةُ الماءِ فيها 27°C، سجِّلْ عددَ المرّاتِ التي تتحرّكُ فيها الخياشيمُ في الدقيقة.
3. انقلِ السمكةَ الذهبيةَ إلى الكأسِ التي تبلغُ حرارةُ الماءِ فيها 20°C. كرِّرْ ملاحظاتِك. انقُلِ السمكةَ إلى كأسِ الـ 10°C وكرِّرْ ملاحظاتِك.

التحليل ماذا يحدثُ لمعدّلِ حركةِ الخياشيمِ عندما تتغيّرُ درجةُ الحرارة؟ لماذا؟ كيفَ تساعدُ الخياشيمُ السمكةَ في الحفاظِ على الاتّزانِ الداخليّ؟



الشكل 1-3

انقسامُ خليَّةٍ بكتيريا (م.أ.ن 98000 x) يُنتجُ خليّتينِ متماثلتين.

الضفدعُ الظاهرُ في الشكل 1-4 يتكاثرُ جنسيًّا، حيثُ تضعُ الأنثى البيضَ ويقومُ ضفدعٌ ذكرٌ بتخصيبه. وهكذا تأتي الكائناتُ الجديدةُ حاملةً خصائصَ الأبوينِ كليهما.

أما عمليةُ التكاثرِ الأخرى فتُدعى التكاثرَ اللاجنسيَّ Asexual reproduction. ومعها لا يتمُّ دمجُ معلوماتٍ وراثيةٍ من كائنينِ من نوعٍ واحد. على سبيل المثال، عندما تتكاثرُ البكتيريا لاجنسيًّا تنقسمُ الخليَّةُ إلى خليَّتينِ جديدتينِ تحتوي كلٌّ منهما على نسخةٍ منَ المعلوماتِ الوراثيةِ مماثلةٍ لتلكَ التي كانت في البكتيريا الأمِّ، كما يظهرُ في الشكلِ 1-3.



الشكل 1-4
أنواعٌ كثيرةٌ من الحيواناتِ التي تبيضُ تضعُ أعدادًا كبيرةً منَ البيض. قسمٌ كبيرٌ من البيضِ الذي تضعُهُ الضفادعُ الزجاجيةُ، سيتلف. وفي المقابلِ تتمتعُ الكائناتُ الناتجةُ بمعدلِ بقاءٍ عالٍ.

مراجعةُ القسمِ 1-1

1. سمِّ ستَّ خصائصَ تتقاسمُها كلُّ الكائناتِ الحيّة.
2. أُذكرْ مستويَيْنِ منَ التنظيمِ لدى الكائناتِ الحيّة.
3. وضّحْ كيف يختلفُ نموُّ الأشياءِ غيرِ الحيةِ عن نموِّ الكائناتِ الحيةِ؟
4. لماذا يُعدُّ التكاثرُ إحدى خصائصِ الحياةِ الهامة؟
5. لماذا لا يزالُ الكثيرُ منَ الكائناتِ الحيّةِ في انتظارِ الاكتشافِ والتعريفِ والوصف؟
6. **تفكيرٌ ناقد** ماذا يمكنُ أن يحدثَ إذا ماتتِ الكائناتُ ذاتيةُ التغذيةِ جميعًا وبقيتِ الكائناتُ غيرُ ذاتيّةِ التغذيةِ وحدَها؟

القسم

2-1

النواتجُ التعليمية

▲ يعرِّفُ ويعطي أمثلةً على الملاحظة والقياس وتنظيم البيانات وتحليلِها وعلى الاستدلال وصنعِ النماذج.

● يشرحُ العلاقةَ بينَ وضعِ الفرضيَّةِ وبينَ التوقُّعِ والتجريب.

■ يوضحُ أهميَّةَ التواصل في العلوم.

◆ يصفُ الطرائقَ التي يستخدمُها العلماءُ في عملِهم.

المنهجُ العلميّ

إحدى الطرقِ الفُضلى للبَدْءِ بدراسةِ العلومِ هيَ تفحُّصُ كيفيةِ محاولةِ العلماءِ حلَّ مسألةٍ معيّنةٍ أو الإجابةَ عن سؤالٍ معيّن. وأيًّا يكنْ موضوعُ دراستِهم، فإنَّ العلماءَ يستخدمونَ عمومًا منهجًا علميًّا ذا طرائقَ محدَّدةٍ لتحصيلِ المعرفة. سيساعدُكَ فهمُ المنهجِ العلميِّ في صياغةِ استراتيجياتٍ للإجابةِ عنْ أسئلةٍ يمكنُ أنْ تواجهَكَ في دراستِكَ العلميةِ أو في حياتِكَ اليومية. لنفكِّرْ في كيفيَّةِ استقصاءِ العلماءِ لسببٍ واحدٍ لحُمّى الإيبولا النزفيَّةِ Ebola hemorrhagic fever أحدِ الأمراضِ المُعْديةِ الأكثرِ فتكًا بالإنسان.

الملاحظةُ وطرحُ سؤال

يعتمدُ الفهمُ العلميُّ للعالَمِ الطبيعيِّ على الملاحَظة. ملاحَظةُ شيءٍ غيرِ اعتياديٍّ او غيرِ مفسَّرٍ تستثيرُ الأسئلةَ الأولى في الاستقصاء العلميّ. نستخدِمُ في **الملاحَظةِ Observation** إحدى حواسِّنا الخمسِ أوْ أكثرَ لإدراكِ الأشياءِ أوِ الأحداثِ، كما في الشكلِ 1-5.

الشكل 1-5

يُبدي العلماءُ الكثيرَ من ملاحظاتِهِم ضمنَ جدرانِ مُختبراتِهم.



العامَ 1976 ظهرَ مرضٌ مُعْدٍ قاتلٌ يُصيبُ الإنسانَ في عددٍ منْ قُرى جمهوريَّةِ الكونغو الديمقراطيَّةِ، التي كانت تُدعى زائيرَ، وهيَ تقعُ في وسَطِ أفريقيا.

لاحظَ الأطباءُ المحلّيونَ تقدُّمَ المرضِ بشكلٍ سريعٍ، وَتسلسُلَ العوارضِ المترابطةِ وتفشّيَهَا في ضحاياه. فقدْ عانى معظمُهُمْ منَ الصُّداعِ القويِّ والحُمّى والقيءِ والإسهالِ المصحوبِ بالدم. أما في المراحلِ النهائيَّةِ للمرضِ، فتنزفُ الأعضاءُ الداخليةُ نزفًا يخرجُ عنِ السيطرةِ، ويتسرَّبُ الدمُ عبرَ الأنفِ والأذنَيْنِ وحتّى عبرَ الجِلْد. وسرعانَ ما يحدُثُ الموتُ نتيجةَ صدمةٍ سبَّبَها فقدانُ الدمِ الذي يُضعفُ بشدَّةٍ الجهازَ الدوريّ. استدعى ظهورُ هذا المرضِ إرسالَ فِرَقٍ منَ العلماءِ إلى زائيرَ، للبحثِ عنْ ظروفِ انتشارِ المرض.

تبدأُ الاستقصاءات العلميَّةُ كلها بسؤالٍ واحدٍ أو أكثر. لِنفكِّرْ في الأسئلةِ العديدةِ التي قدْ تخطُرُ ببالِ أحدِ العلماءِ الموفدينَ للكشفِ عنْ سببِ تفشّي المرض: كيفَ ينتقلُ المرضُ بينَ الناس؟ ما الذي سبَّبَ ظهورَ المرضِ المفاجئَ لدى هؤلاءِ الناس؟ ما الفترةُ الزمنيَّةُ الفاصلةُ بينَ التعرُّضِ للعاملِ المسبِّبِ وظهورِ أعراضِ المرضِ الأوّليَّة؟ هلْ تموتُ كلُّ الضحايا؟ إنَّ السؤالَ الأساسيَّ الذي يجب الإجابةُ عنْهُ في ما يتعلّقُ بتفشّي مرضٍ جديدٍ هوَ: «ما العاملُ المسبِّبُ للمرض»؟

جمعُ البيانات

أطوَلُ مرحلةٍ في الاستقصاء العلميِّ عادةً هيَ مرحلةُ جمعِ البيانات. تشملُ **البياناتُ Data** أيَّ معلومةٍ أوْ كلَّ المعلوماتِ التي يجمعُها العلماءُ خلالَ محاولتِهِم الإجابةَ عنْ أسئلتِهِم. تعرِضُ الفِقْراتُ التاليةُ وصفًا لطُرقِ جمعِ البيانات.

القياس

تتضمَّنُ أنواعٌ كثيرةٌ منَ الملاحظاتِ بياناتٍ كمّيةً، يمكنُ قياسُها بوساطةِ الأرقام. فالعلماءُ يقيسونَ أبعادَ شيءٍ معيَّنٍ، أو يُحصونَ عددَ الأشياءِ ضمنَ مجموعةٍ، أو يحسبونَ مدَّةَ حدثٍ ما، أو يستقصونَ خصائصَ أخرى باستعمالِ وَحَداتٍ محدَّدة. في زائيرَ مثلاً، قامَ العلماءُ بتسجيلِ عدَّةِ أنواعٍ منَ البياناتِ الكمِّيةِ التي حصلوا عليها خلالَ عملِهِم الميدانيّ. شملَتْ هذهِ البياناتُ عددَ الأشخاصِ الذينَ ظهرَتْ عليهِمْ أعراضُ المرضِ، وعددَ الأيامِ التي انقضتْ منذُ بدايةِ الظهورِ الأوّلِ للأعراضِ حتّى وفاةِ الضحيَّةِ، وعددَ الأشخاصِ الذينَ تُوُفُّوا منْ جرّاءِ إصابتِهِم بالمرض. هذهِ البياناتُ زوّدَتِ العلماءَ بصورةٍ عنْ تفشّي المرضِ والدلالةِ على مدى خطورتِه. الأرقامُ المسجَّلةُ عكسَتْ صورةً قاتمةً، فقدْ تسبَّبَ تفشّي المرضِ في حدوثِ ما يقاربُ 300 حالةِ وفاة. كانتِ الوفاةُ تحدثُ عادةً بعدَ أسبوعٍ من بدايةِ ظهورِ الأعراضِ الأولى. كان المرضُ فتّاكًا للغايةِ، إذ توفّيَ ما بينَ 80% و 90% منَ الأشخاصِ الذينَ أصيبوا به.

جذرُ الكلمةِ وأصلُها

بيانات

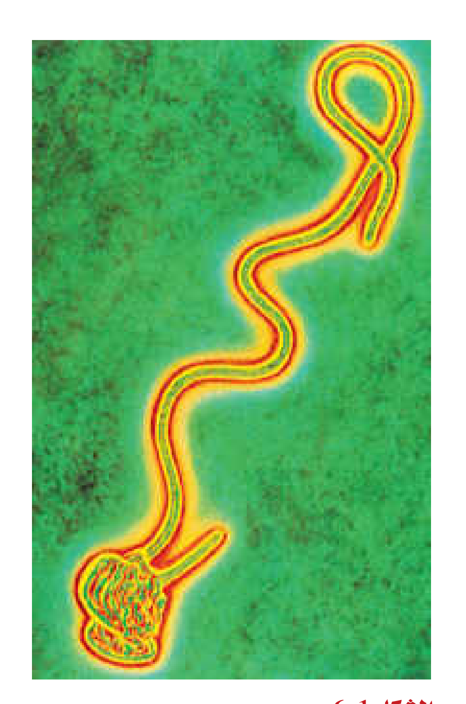
data

هيَ صيغةُ الجمعِ لكلمةِ datum اللاتينيَّةِ ومعناها «البيان».

أَخذُ العيِّنات

إنَّ **أخذَ العيّناتِ Sampling** في الاستقصاء العلميِّ يخضعُ لتقنيَّةِ استخدامِ العيِّنة. والعيِّنةُ هيَ في حقيقةِ الأمرِ جزءٌ صغيرٌ يمثِّلُ خصائصَ الجماعةِ الأحيائيّةِ Population بأكملِها. كي تكونَ العيِّناتُ ذاتَ فائدةٍ، يجب أن تكونَ متعدِّدةً وعشوائيَّةً، أيْ يجبُ أنْ تضمَّ أكبرَ عددٍ ممكنٍ منَ الأشخاص. كذلكَ يتوجَّبُ على العلماءِ التأكّدُ من اختيارِ شريحةٍ منوّعةٍ منَ الجماعةِ الأحيائيَّةِ لضمانِ أدقِّ تمثيلٍ ممكنٍ. في زائيرَ، أخذَ العلماءُ العاملونَ مئاتٍ منْ عيّناتِ الدَّمِ منَ الأشخاصِ الذينَ أصابَهُمُ المرضُ ومنَ الذينَ بدَوْا سليمينَ في الظاهر.

أعطتْ عيِّناتُ الدمِ المأخوذةُ منْ ضحايا المرضِ أوَّلَ دليلٍ هامٍّ على طبيعةِ المرض. تمَّ هذا الأمرُ بعدَ إرسالِ هذهِ العيّناتِ منْ زائيرَ إلى مختبراتٍ في أوروبّا. وقامَ علماءُ بعزلِ فيروسٍ غريبٍ خَيْطيِّ الشكلِ منْ عيِّناتِ الدمِ تلك. بالإضافةِ إلى هذا قامَ العلماءُ بتصويرِ الفيروسِ الظاهرِ في الشكلِ 1-6 فوتوغرافيًّا عنْ طريقِ استخدامِ مجهرٍ إلكترونيٍّ قويّ.



الشكل 1- 6
فيروسُ إيبولا الخيطيّ (م.أ.ن **23,000 x**).

تنظيمُ البيانات

تظلُّ البياناتُ قليلةَ الفائدةِ ما لمْ يتِمَّ تنظيمُها. يقتضي تنظيمُ البياناتِ وضعَ الملاحظاتِ والقياساتِ في ترتيبٍ منطقيٍّ على شكلِ رسمٍ بيانيٍّ أو جدْوَلٍ أو لوحةٍ أو خريطة. قامَ العلماءُ المتتبِّعونَ لحُمّى الإيبولا بتنظيمِ أنواعٍ متعدّدةٍ منَ البياناتِ، فقدّموا البياناتِ الكمِّيَّةَ مثلاً في جداولَ ولوائح. تذكَّرْ أنَّ هذه البياناتِ الكمِّيَّةَ قدْ زوَّدَتْهُمْ بصورةٍ أوّليَّةٍ عنْ مدى خطورةِ هذا المرض.

وضعُ الفرضية

بعدَ أن يُتِمَّ العلماءُ ملاحظاتِهِمْ ويجمعُوا ما يكفي منَ البياناتِ، يمكنُهُمْ أن يقترحُوا تفسيرًا لما رأوهُ وسجَّلُوه. هذا التفسيرُ، الذي يُدّعى **فرضيَّةً Hypothesis**، هو عبارةٌ عنْ تفسيرٍ أو حلٍّ مقترَحٍ يمكنُ اختبارُه.

صياغةُ الفرضيَّة

إنَّ الفرضيَّةَ الأساسيَّةَ في هذا الاستقصاء المعقَّدِ هيَ أنّ فيروسَ إيبولا هوَ الذي تسبَّبَ في الحمّى النزفيّة. وبالرُّغمِ منْ أنَّهُ قد يبدُو واضحًا أنَّ هذا الشيءَ حقيقيٌّ، فإنَّهُ لا يمكنُنا الاعتمادُ مطلقًا على علاقةِ السببِ والنتيجةِ في الاستقصاء العلميِّ، بل يجبُ جمعُ الأدَّلّةِ خُطوةً خُطوة.

الافتراضُ خُطوةٌ هامةٌ جدًّا في الاستقصاء العلميّ. وتُعتبرُ صيغةُ الفرضيَّةِ قابلةً للاختبارِ إذا أمكنَ جمعُ الأدلَّةِ التي تدعمُها أو تنفيها. فرضيَّةُ العلماءِ حولَ هُويَّةِ العاملِ المسبِّبِ للإصابةِ وَجدَتْ دعمًا لها، إذْ إنَّ الإصابةَ بالفيروسِ تسبّبتْ في ظهورِ أعراضِ المرض.

وبالرُّغمِ منْ أنَّ الأدلَّةَ قد تدعمُ الفرضيَّةَ، فإنَّهُ منَ الخطَأ القولُ إنَّ صحَّتَها لا يرقى إليها أدنى شك. فقدْ تظهرُ في أيِّ وقتٍ بياناتٌ جديدةٌ تشيرُ إلى أنَّ فرضيَّةً كانَتْ مقبولةً سابقًا هيَ الآنَ غيرُ صحيحة. غالبًا ما يجبُ على العلماءِ أن ينقِّحوا فرضيّاتِهِمُ الأصليَّةَ ويراجعوها ـ أو حتّى يطرحوها جانبًا - عندَ الكشفِ عنْ أدلَّةٍ جديدة.

التوقُّع

لإختبارِ فرضيَّةٍ معيَّنةٍ، يضعُ العلماءُ توقُّعًا عنِ الفرضيَّةِ يكونُ منطقيًّا. و**التوقّعُ Prediction** هوَ صيغةٌ توضعُ مسبقًا وتحدِّدُ النتائجَ التي سيتمُّ الحصولُ عليَها عندَ اختبارِ الفرضيَّةِ، فيما إذا كانتِ الفرضيّةُ صحيحة. غالبًا ما يأخذُ التوقُّعُ شكلَ صيغةِ «إذا كان- فإنّ». و في حالةِ حُمّى الإيبولا وضعَ العلماءُ توقُّعًا. إذا كانَ الفيروسُ هوَ العاملَ المسبِّبَ الحقيقيَّ للمرضِ، فإنَّ إدخالَ الفيروسِ إلى نسيجٍ سليمٍ سيؤدي إلى موتِ خلاياهُ، تمامًا كما يحصُلُ لضحايا الإيبولا.

اختبارُ الفرضيَّة

يتِمُّ غالبًا اختبارُ فرضيَّةٍ معيَّنةٍ عن طريقِ **التجريب Experimenting**، وهوَ عمليَّةُ التحقُّقِ منَ الفرضيَّةِ أو منَ التوقُّعِ، عبرَ جمعِ البياناتِ في ظلِّ ظروفٍ قابلةٍ للضبط.

إجراءُ تجربةٍ ضابطةٍ

معظمُ التجاربِ التي تُجرى في عالَمِ الأحياءِ هيَ تجاربُ ضابطة. تستندُ **التجربةُ الضابطةُ Controlled experiment** إلى مقارنةِ **المجموعةِ الضابطةِ Control group بمجموعةٍ تجريبيَّةٍ Experimental group.**

إنَّ المجموعةَ الضابطةَ والمجموعةَ التجريبيَّةَ مصمَّمتان كيْ تكونا متطابقتيْنِ في كلِّ العواملِ باستثناءِ واحدٍ، يُدعى **المتغيِّرَ المستقلَ Independent variable.** خلالَ التجربةِ الضابطةِ يقومُ العالِمُ بملاحَظةِ عاملٍ آخرَ في كلٍّ من المجموعةِ الضابطة والمجموعة التجريبية يسمّى **المتغيِّرَ التابع Dependent variable**، لأنَّهُ ناتجٌ عن العاملِ المستقلّ.

أدّتْ تجربةٌ ضابطةٌ إلى دعمِ الفرضيَّةِ القائلةِ بأنَّ حُمّى الإيبولا نشأتْ بسببِ الفيروس. وقدْ حاولَ العلماءُ إثباتَ الصلةِ بينَ الفيروسِ الذي سبَّبَ أعراضَ المرضِ وموتِ الخليَّة. وبما أنَّ القِرَدَةَ تشبهُ الانسانَ منَ الناحيةِ الوراثيَّةِ، فقدِ استُخدمَتْ خلايا كُلويَّةٌ، مأخوذةٌ منْ نوعٍ منَ القِرَدَةِ الأفريقيَّة، كنموذجٍ حيوانيٍّ للإصابةِ نيابةً عنِ إصابةِ الانسان. قُسِّمتْ أنابيبُ اختبارٍ تحتوي على خلايا القردِ الكلويةِ إلى مجموعة ضابطةٍ وأخرى تجريبيَّةٍ. ثم أُخِذتْ قطراتُ دم تحتوي على الفيروس من إحدى ضحايا حُمّى الإيبولا في زائيرَ، وأُضيفَتْ إلى كلٍّ منْ أنابيب الاختبار التابعة للمجموعة التجريبيَّة. لم تتمَّ إضافةُ أيِّ دم إلى المجموعةِ الضابطَة. المتغيِّرُ المستقلُّ في هذه التجربةِ كانَ إضافةَ الدمِ إلى خلايا القردِ الكلويَّة. أما المتغيِّرُ التابعُ فكانَ صحَّةَ الخلايا.

تحليلُ البياناتِ

بعدَ أنْ يجمعَ العالِمُ البياناتِ من خلالِ دراسةٍ ميدانيَّةٍ أو منْ خلالِ تجربة، وينظِّمَها كما يجب، يبقى علَيْهِ تحليلُها. إن تحليلَ البياناتِ هوَ عمليَّةُ اتِّخاذِ القرارِ حولَ صلاحيَّةِ البياناتِ التي يُعَوَّلُ علَيْها، أيْ حولَ كونِها تدعمُ أو لا تدعمُ الفرضيَّةَ أوِ التوقُّع. يقومُ العلماءُ بتحليلِ البياناتِ بأساليبَ عديدةٍ. يمكنُهُمْ، مثلاً، أنْ يلجَأوا إلى الإحصاءِ لتحديدِ العلاقةِ بينَ المتغيِّراتِ وأنْ يقارنوا البياناتِ مع تلكَ التي حصلوا عَلَيْها منْ دراساتٍ أخرى، وأنْ يحدِّدوا المصادرَ المحتمَلَةَ للأخطاءِ التجريبيَّةِ.

بعدَ أحدَ عَشَرَ يومًا على إضافةِ الدمِ المحتوي على الفيروسِ إلى خلايا القردِ الكلويَّةِ، ماتَتِ الخلايا الموجودةُ في أنابيبِ المجموعةِ التجريبيَّة. و فوقَ ذلكَ، تسبَّبَتْ إضافةُ سائلٍ منْ أنابيبِ المجموعة التجريبية إلى أنابيبِ اختبارٍ جديدةٍ تحتوي على خلايا قردٍ كلويَّةٍ سليمةٍ، بموتِ هذه الخلايا أيضًا، بعدَ فترةٍ راوحَتْ بينَ 10 و11 يومًا.

نشاطٌ عمليٌّ سريع

توقُّعُ النتائج

المواد طبَقا بتري Petri dish، أجار Agar، سيلوفانٌ لاصِقٌ، قلمُ شمع

الإجراء

1. افتحْ واحدًا منْ طبقَيْ بتري، وحزِّزْ بإصبعِكَ سطحَ الأجار.
2. ضعِ الغطاءَ وَأحكِمْ غلقَهُ بشريطِ سيلوفانٍ لاصق. أُكتبِ اسمَكَ والرقمَ 1 على الطبق.
3. أحكِمْ غلقَ طبقِ بتري الثاني دونَ إزاحةِ الغطاءِ منْ مكانِه. أُكتبْ اسمَكَ والرقمَ 2 عليه.
4. سجِّلْ ما فعلتَهُ لكلِّ طبقٍ منَ الاثنينِ ثمَّ اكتبْ توقُّعَكَ حولَ ما سيحدثُ في كلٍّ منهُما.
5. إحفظِ الطبقَيْنِ حيثُ يَطلبُ إليكَ معلمُك.
6. سجِّلْ ملاحظاتِك.

التحليل

1. هلْ كانَ توقُّعُكَ دقيقًا؟ أيَّ دليلٍ يمكنُكَ ذكْرُهُ لدعمِ توقُّعِك؟
2. إن كنْتَ لم تحصُلْ على النتائجِ التي توقّعتَها، فهلْ تغيِّرُ طريقةَ الاختبارِ أم تُغيِّرُ توقُّعَك؟ وضِّحْ لماذا وكيفَ ستُحدثُ التغيُّرات.
3. ما تقييمُكَ للحصولِ على نتيجةٍ لا تدعمُ توقُّعَك؟

الاستنتاجاتُ وتشكيلُ النّظريَّة

إنَّ هدفَ الاستقصاء العلميِّ هو إلقاءُ الضوءِ على أمرٍ لمْ يكُنْ مفهومًا منْ قَبْلُ. أما الخطوةُ الأخيرةُ في معظمِ الاستقصاءات فهي صُنعُ نموذج.

صُنْعُ النموذج

يقتضي صُنْعُ النموذجِ بَلْوَرةَ تمثيلٍ لشيءٍ أو لنظامٍ أو لعمليَّةٍ، بحيثُ يساعِدُ ذلكَ على إظهارِ العلاقاتِ بينَ البياناتِ. **النموذجُ Model** هوَ في الأساسِ تفسيرٌ مدعَّمٌ بالبياناتِ، قدْ يكونُ مجسَّمًا أو كلاميًّا أو رياضيًّا. وقدْ يَستخدمُ العلماءُ في بعضِ الأحيانِ النماذجَ لتساعدَهُمْ في وضعِ فَرَضِيّاتٍ أو توقُّعاتٍ جديدَةً. فمثلاً، قامَ العلماءُ بفحصِ سيرةِ الناسِ الذين قضَوا بحُمّى الإيبولا مِنْ أجلِ تطويرِ نموذجٍ يوضِّحُ كيفيَّةَ انتقالِ الفيروسِ بينَ الناس. الاتِّصالُ اللصيقُ بشخصٍ مُصابٍ أمرٌ ضروريٌّ لهذا الانتقالِ، لكنَّ الاتصالَ المباشرَ بدمِ شخصٍ مصابٍ يبدو السبيلَ الأكثرَ احتمالاً لتَلقّي الإصابةَ، لأنَّ معظمَ الناسِ الذين عانَوا منْ حُمّى الإيبولا قدْ أُصيبوا بها في مستشفياتٍ مُزدحِمةٍ، كتلك الظاهرةِ في الشكلِ 1-7 ، عنْ طريقِ الإبَرِ والأدواتِ الأخرى الملَوَّثَة.



الشكل 1-7
الازدحامُ والظروفُ غيرُ الصحيَّةِ ساعَدا على انتشارِ فيروسِ الإيبولا في مستشفياتِ وعياداتِ زائير.

إستدلال

الاستدلال Inference هو استنتاجٌ مبنيٌّ على قاعدة من الحقائق بدلاً من الملاحظات المباشرة. إذا رأيتَ دخانًا فمنَ المحتمل أن تستدلَّ على أنَّ مصدرَهُ نارٌ، وإنْ لم تكنْ ترى تلكَ النار. غالبًا ما يتمُّ الاستدلالُ في العلومِ بناءً على البياناتِ المتجمّعةِ أثناءَ دراسةٍ ميدانيةٍ أو تجربةٍ معيّنةٍ، وبالارتباطِ معَ المعرفةِ السابقة. والاستدلالُ، على عكسِ الفرضيةِ، ليسَ قابلاً للاختبارِ المباشر.

استدلَّ العلماءُ، على سبيلِ المثال، واستنادًا إلى المشاهداتِ التي قاموا بها والبياناتِ التي جمعوها وحلّلوها، على أنَّ فيروسَ الإيبولا يحملُهُ حيوانٌ صغيرٌ يعيشُ في الغاباتِ، وربما كانَ خُفّاشًا، يلتقطُ منهُ بعضُ الناسِ هذا الفيروس.

تشكيلُ النظرية

تتشكّلُ النظريةُ في العلومِ بعدَ أن يَتِمَّ اختبارُ وبلورةُ عدّةِ فرضياتٍ مرتبطةٍ ببعضِها، ومدعومةٍ بكثيرٍ منَ الأدلّةِ التجريبية. **فالنظريةُ Theory** هيَ تفسيرٌ واسعٌ وشاملٌ لظاهرةٍ طبيعيةٍ تدعمُهُ أدلّةٌ علميةٌ ناتجةٌ منْ تجاربَ وملاحظاتٍ لما يُعتقدُ بأنهُ حقيقيّ.

تطبيقُ المنهجِ العلميّ

في الواقع، لا يتّبعُ العلماءُ طريقةً واحدةً من طرائقِ المنهجِ العلميِّ لطرحِ الأسئلةِ أو البحثِ عن الأجوبةِ، بل يجمعونَ بينَ بعضِ طرقِ المنهجِ العلميِّ في أسلوبٍ أكثرَ ملاءمةً للإجابةِ عن الأسئلةِ التي يطرحونَها.

حلُّ المسائل

قد يرغبُ عالِمُ أحياءٍ ميدانيٌّ في البحثِ عن المصدرِ الحيوانيِّ لحُمّى الإيبولا في الغابةِ المطيرة. يمكنُهُ عندئذٍ أنْ يستخدمَ طرائقَ علميةً، تجمعُ بينَ الملاحظةِ والافتراضِ وأخذِ العيّناتِ وتنظيمِ البياناتِ وتحليلِها. لنأخذْ مثلاً عالِمَ أحياءٍ يعملُ على فهمِ كيفيةِ مهاجمةِ فيروسِ الإيبولا لخلايا الجسم. قد يستخدمُ طرائقَ علميةً تجمعُ بينَ الملاحظةِ والقياسِ وتنظيمِ البياناتِ والتوقّعِ وإجراءِ اختبارٍ وتحليلِ البياناتِ ووضعِ نموذج.

التواصل

لاحظتَ بشأنِ حمّى الإيبولا، أنَّ العلماءَ لا يعملونَ منفردينَ، بل نراهُمْ يتشاركون معَ علماءَ آخرينَ في نتائجِ دراساتِهِمْ وهمْ ينشرونَ اكتشافاتِهِمْ في مجلاّتٍ علميةٍ أو يعرضونَها في اجتماعاتٍ علميةٍ على النحوِ الظاهرِ في الشكل 1-8. إنَّ تبادلَ المعلوماتِ أمرٌ ضروريٌّ لتقدّمِ العلوم. ويخضعُ عملُ كلِّ عالمٍ للفحصِ والتحقّقِ من قبلِ علماءَ آخرين. من شأنِ عمليةِ التواصلِ السماحُ لعلماءَ معيّنينَ بالبناءِ على عملِ آخرين. تذكَّرْ كيفَ أنَّ التواصلَ بينَ العلماءِ عبرَ العالمِ مكّنَهُمْ من عزلِ فيروسِ الإيبولا.

الشكل 1-8
التواصلُ بينَ علماءَ من أنحاءِ العالم. كلُّ اجتماعٍ يكرَّسُ عادةً لموضوعٍ محدَّد.

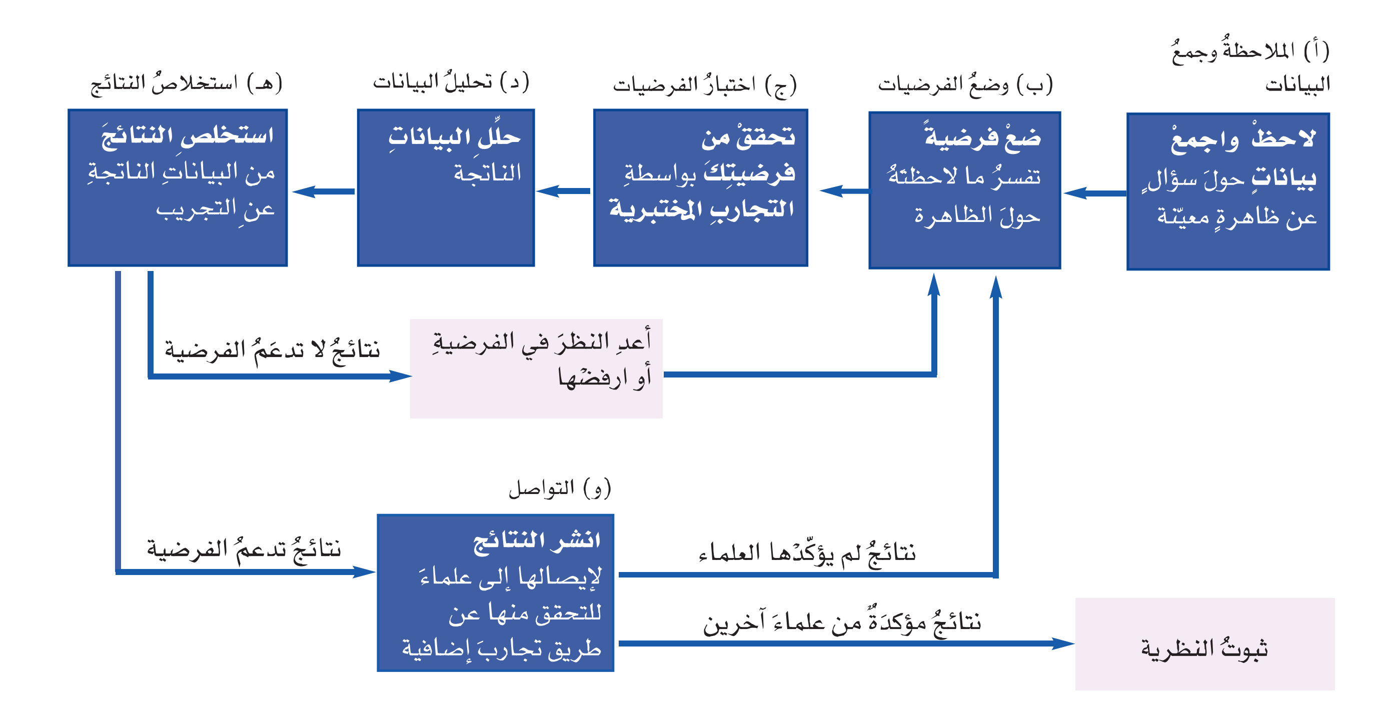


مخطَّطُ المنهجِ العلميّ

يعتمدُ العلماءُ، عمومًا، منهجًا علميًّا واحدًا، يتكوَّنُ من طرائقَ علميةٍ متنوّعةٍ يختارونَ منها ما يتناسبُ معَ عملِهِمَ. الشكلُ 1-9 يبيِّنُ تتابعَ خطواتِ المنهجِ العلميِّ على صورةِ مخططٍ انسيابيّ.

الشكل 1-9

مخطَّط المنهجُ العلميَ



مراجعةُ القسمِ 1-2

1. ما فائدةُ عمليّتي الاستدلالِ وصنعِ النماذجِ للعلماء؟
2. ما العلاقةُ بينَ وضعِ الفرضيّةِ وإجراءِ الاختبار؟
3. أيُّ دورٍ يؤدّيهِ التواصلُ في العلوم؟
4. لماذا لا توجدُ طريقةٌ علميةٌ واحدةٌ فقط؟
5. كيفَ تختلفُ النظريةُ عنِ الفرضية؟
6. **تفكيرٌ ناقد** «العلومُ نادرًا ما تخرجُ بحقائقَ مطلقةٍ تنطبقُ على الكائناتِ الحيّةِ كلِّها». استنادًا إلى ما قرأتَهُ عنِ العملياتِ العلميةِ، هل تعتقدُ أنّ هذا القولَ صحيح؟

القســـم

3-1

النواتجُ التعليمية

▲

يقارنُ بينَ المجاهرِ الضوئيةِ والمجاهرِ الإلكترونيةِ فيما يختصُّ بقدرةِ التكبيرِ وقدرةِ التمييز.

●

يوضحُ فائدةَ النظامِ العالميِّ للوحدات.

المجهرُ والقياس

يحتاجُ علماءُ الأحياءِ إلى ملاحظةِ الخلايا وأجزائِها خلالَ دراسةِ الكائناتِ الحية. إنَّ تطويرَ أدواتٍ وتقنيّاتٍ جديدةٍ يمكّنُ علماءَ الأحياءِ من كشفِ أعمقِ أسرارِ الحياة.

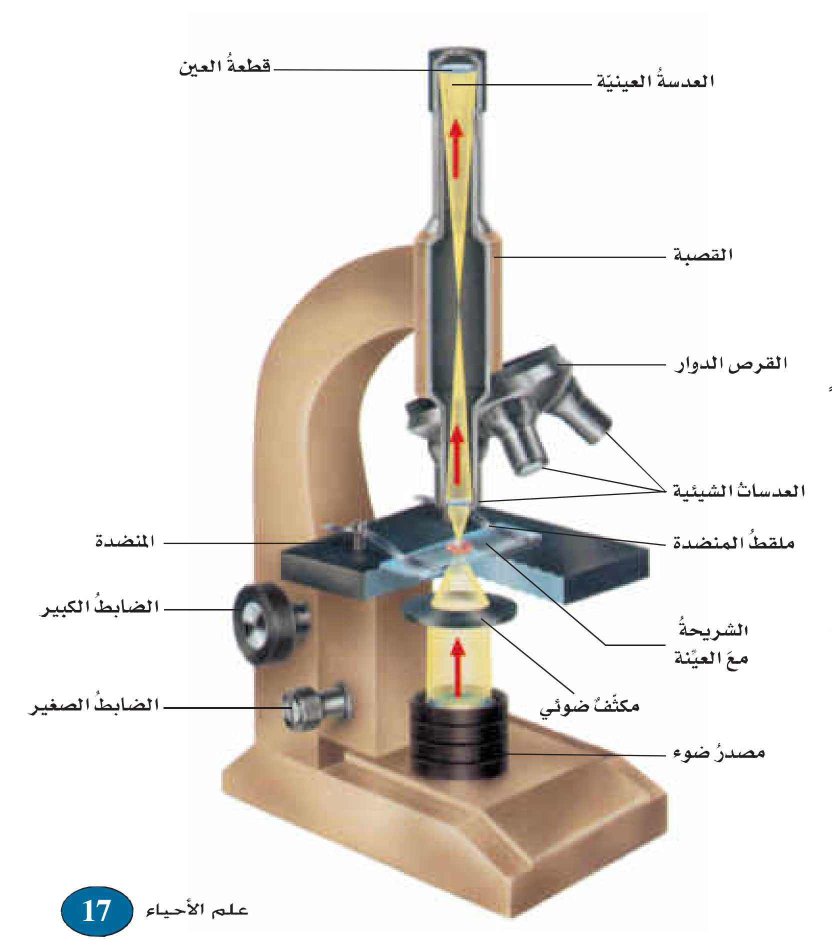
المجاهر

المجاهرُ هيَ منَ الأجهزةِ الأوسعِ استخدامًا في علمِ الأحياء. و**المجهرُ** **Microscope** هو جهازٌ يُعطينا صورةً مكبَّرةً للشيءِ الذي ننظرُ إليه به. يَستخدمُ علماءُ الأحياءِ المجاهرَ لدراسةِ الكائناتِ الحيّةِ والخلايا وأجزائِها الصغيرةِ التي لا يمكنُ رؤيتُها بالعينِ المجرّدة. تكبِّرُ المجاهرُ شيئًا ما وتكشفُ تفاصيلَهُ في آن. **التكبيرُ** **Magnification** هوَ زيادةُ الحجمِ الظاهرِ لشيءٍ معيّن. أما **التمييزُ** **Resolution** فهوَ القدرةُ على إظهارِ التفاصيل. وتتفاوتُ المجاهرُ في مجالِ قدرةِ التكبيرِ والتمييزِ التي تختصُّ بهما.

المجاهرُ الضوئية

لرؤيةِ الكائناتِ الحيّةِ الصغيرةِ والخلايا يَستعملُ علماءُ الأحياءِ، عادةً، **مجهرًا ضوئيًا مركّبًا** **Compound light microscope (LM)** (م.ض) كما يظهرُ في الشكلِ 1-10. ولكي ترى بواسطةِ المجهرِ الضوئيِّ المركَّبِ، تضعُ العيِّنةَ على شريحةٍ زجاجيةٍ، لكنْ يجبُ أن تكونَ العيّنةُ رقيقةً بما يكفي لتصبحَ شفافةً، أوْ أن تكونَ صغيرةً جدًّا. توضعُ الشريحةُ التي تحملُ العيّنةَ فوقَ فتحةٍ في **منضدةِ** المجهرِ **Stage** . ومن مصدرِ ضوءٍ، كمرآةٍ أو مصباحٍ مثبَّتٍ في القاعدةِ، يُوَجَّه الضوءُ إلى الأعلى. يمرُّ الضوءُ عبرَ العيّنةِ وعبرَ **العدسةِ الشيئيةِ** **Objective lens** الموضوعةِ مباشرةً فوقَ العيّنةِ، فتكبِّرُ العدسةُ الشيئيةُ تلكَ العيّنةَ. بعد ذلكَ يتمُّ إسقاطُ الصورةِ المكبَّرةِ عبرَ القصبةِ Body tube نحوَ **العدسةِ العينيةِ** **Ocular lens** المثبّتةِ في قطعةِ العينِ Eyepiece حيثُ تكبَّرُ أكثر.

الشكل 1-10
تكبَّرُ صورةُ العيّنةِ الشفافةِ في المجهرِ الضوئيِّ المركّبِ لدى مرورِها عبرَ العدستينِ الشيئيةِ والعينية.



تحتوي معظمُ المجاهرِ الضوئيةِ على مجموعةِ عدساتٍ شيئيةٍ ذاتِ درجاتِ تكبيرٍ مختلفة. يمكنُ اختيارُ عدسةٍ وتركيزُها في حقلِ الرؤيةِ عبرَ إدارةِ **القرص الدوار Nosepiece**. تقومُ العدسةُ الشيئيةُ الكبرى في مجهرٍ ضوئيٍّ مركّبٍ ونموذجيٍّ بتكبيرِ صورةٍ لِتبلغَ 40 ضعفًا للحجمِ الفعليِّ للعيّنة. يسُمّى عاملُ التكبيرِ هذا **قدرةَ التكبير Power of magnification** للعدسة الشيئية، والتي يُرمزُ إليها في هذهِ الحالةِ بـ 40 X (X تعني عدد مرّات التكبير) ومن ناحيةٍ أخرى تكبِّرُ العدسةُ العينيةُ العيّنة 10 مرات (10 X). ولاحتسابِ قدرةِ تكبيرِ المجهرِ، يجب ضربُ قدرة تكبيرِ العدسةِ الشيئيةِ الكبرى (40 X في هذهِ الحالةِ) في قدرةِ تكبيرِ العدسةِ العينيةِ (10 X). يكونُ الحاصلُ قدرةَ تكبيرٍ إجماليةٍ تساوي 400 X.

> **جذرُ الكلمةِ وأصلُها**
>
> **التكبير**
>
> **magnification**
>
> منَ اللاتينيةِ magnificus / magnus وتعني «ضخمٌ» أو «كبير».

المجاهرُ الإلكترونية

تحدّدُ خصائصُ الضوءِ الفيزيائيةُ قوّةَ التمييزِ لدى المجاهرِ الضوئية. فإذا تجاوزتْ قدرة التكبيرِ 2,000 X تصبحُ صورةُ العيّنةِ غيرَ واضحةٍ أو ضبابية. لفحصِ عيّناتٍ أصغرَ منَ الخلايا، كمكوِّناتِ الخلايا أو الفيروساتِ، قد يختارُ العلماءُ واحدًا من بضعةِ أنواعٍ منَ المجاهرِ الإلكترونية. في **المجهرِ الإلكترونيِّ Electron microscope** تقومُ حزمةٌ منَ الإلكتروناتِ، بدلَ شعاعٍ منَ الضوءِ، بإعطاءِ صورةٍ مكبَّرةٍ للعيّنة. المجاهرُ الإلكترونيةُ أقوى بكثيرٍ منَ المجاهرِ الضوئية. ويمكن لبعضِ المجاهرِ الإلكترونيةِ أن تُظهرَ حتى محيطَ ذرّاتٍ منفصلةٍ في إحدى العيّنات. يقومُ **المجهرُ الإلكترونيُّ النافذُ Transmission electron microscope** (م.أ.ن) (TEM) بإرسالِ حزمةٍ منَ الإلكتروناتِ عبرَ شريحةِ عيّنةٍ رقيقةٍ جدًّا، فيما تقومُ عدساتٌ مغنطيسيةٌ بتكبيرِ الصورةِ وضبطِها بؤريًّا على شاشةٍ أو لوحةِ تصويرٍ فوتوغرافيٍّ، تنتجُ من هذهِ العمليةِ صورةٌ كتلكَ التي تراها في الشكل 1-11أ. يكبِّرُ المجهرُ الإلكترونيُّ النافذُ الأشياءَ حتى 200,000 مرةٍ، لكنْ من سلبياتِهِ أنهُ لا يمكنُ استخدامُهُ لمشاهدةِ العيّناتِ وهيَ حيَّة.

أمّا **المجهرُ الإلكترونيُّ الماسحُ Scanning electron microscope** (م.أ.م) (SEM) فيزوِّدُنا بصورٍ مجسَّمةٍ مدهشةٍ كالتي تراها في الشكل 1-11ب. لا ضرورةَ لتقطيعِ العيّنةِ إلى شرائحَ من أجلِ رؤيتِها، إنما يكفي رشُّها بطلاءٍ معدنيٍّ رقيق. تُرْسَلُ حزمةٌ من الإلكتروناتِ فوقَ سطحِ العيِّنةِ، مما يدفعُ بالطلاءِ المعدنيِّ إلى إطلاقِ وابلٍ منَ الإلكتروناتِ نحوَ شاشةٍ فلوريّة أو لوحةِ تصويرٍ فوتوغرافيٍّ، فتعطي صورةً لسطحِ الشيء. تستطيعُ المجاهرُ الإلكترونيةُ الماسحةُ تكبيرَ الأشياءِ حتى 100,000 مرةٍ، إنما لا يمكنُ استخدامُها لمشاهدةِ العيّناتِ وهي حيّةٌ، كما هيَ الحالُ بالنسبةِ للمجهرِ الإلكترونيِّ النافذ.

الشكل 1-11

هذا الكائنُ أحاديُّ الخليّةِ، يبدو مختلفًا جدًّا لدى مشاهدتِه بالمجهرِ الإلكترونيِّ النافذِ(أ) عن مشاهدتِه بالمجهرِ الإلكترونيِّ الماسحِ(ب).



(أ)



(ب)

عمليةُ القياس

يستخدمُ العلماءُ نظامَ قياسٍ معياريٍّ أوحدَ، اسمُهُ المتداولُ **النظامُ العالميُّ للوحداتِ International System of Measurement**، أو باختصارٍ **SI**. وأنتَ ستستعملُ هذه الوحداتِ عندما تُجري قياساتِكَ في المختبر.

الوحداتُ الأساسية

يضمُّ SI سبعَ **وحداتٍ أساسية Base units** رئيسةً تصفُ الطولَ والكتلةَ والوقتَ وكمّياتٍ أخرى، كما يظهرُ في الجدولِ 1-1. أما مضاعَفُ الوحدةِ الأساسيةِ(قوّةُ العددِ 10) فيُرمَزُ إليهِ ببادئةٍ كالتي يبيّنُها الجدولُ 1-2. فمثلاً الوحدةُ الأساسيةُ للطولِ هيَ المترُ، أما الكيلومترُ الواحدُ فيساوي 1,000 مترٍ طوليّ.

الجدولُ 1-1 وحداتُ النظامِ SI الأساسية

الكميةُ الأساسي	الاسم	الرمز
الطول	متر	m
الكتلة	كيلوجرام	kg
الوقت	ثانية	s
التيارُ الكهربائي	أمبير	A
درجةُ حرارةِ الديناميةِ الحرارية	كلفن	K
كمّيةُ المادة	مول	mol
شدةُ الضوء	شمعة	cd

الجدولُ 1-2 بعضُ بادئاتِ النظامِ SI.

البادئة	الرمز	عاملُ الوحدة الأساسية
غيغا	G	1,000,000,000
ميغا	M	1,000,000
كيلو	k	1,000
هكتو	h	100
ديكا	da	10
ديسي	d	0.1
سنتي	c	0.01
ملّي	m	0.001
ميكرو	μ	0.000001
نانو	n	0.000000001
بيكو	p	0.000000000001

الجدولُ 3-1 وحداتٌ مشتقةٌ من وحداتِ النظامِ SI تستخدمُ غالبًا في علمِ الأحياء

كمّيةٌ مشتقّة	الاسم	الرمز
المساحة	متر مربّع	m^2
الحجم	متر مكعّب	m^3
كثافةُ الكتلة	كيلوجرام بالمتر المكعّب	kg/m^3
الحجمُ النوعيّ	متر مكعّب بالكيلوجرام	m^3/kg
درجةُ الحرارةِ سلسيوس	درجة سلسيوس	°C

الجدولُ 4-1 وحداتٌ أخرى قابلةٌ للاستخدامِ معَ وحداتِ النظامِ SI

الاسم	الرمز	القيمةُ بوحداتِ نظامِ SI
دقيقة	min	60 s = 1min
ساعة	h	60 min = 1 h 3,600 s = 1 h
يوم	d	24 h = 1 d 86,400 s = 1 d
لتر	L	$1\ dm^3$ = 1 L $0.001\ m^3$ = 1 L
طنٌّ متري	t	1,000 kg = 1 t

الوحداتُ المشتقة

لا يمكنُ استخدامُ الوحداتِ الأساسيةِ الواردةِ في الجدولِ 1-1 لقياسِ المساحةِ السطحيةِ أوِ السرعةِ، أو أشياءَ أخرى. لذلك تُستخدمُ وحداتٌ هامةٌ أخرى تُدعى **الوحداتُ المشتقةُ Derived units**. هذه الوحدات تنتجُ من علاقةٍ رياضيةٍ بين وحدتين أساسيَّتين أو بينَ وحدتين مشتقّتين. يبيِّنُ الجدولُ 3-1 بعضَ الوحداتِ المشتقّةِ الشائعة.

وحداتٌ أخرى

هناكَ بعضُ وحداتِ القياسِ التي لا تكوِّنُ جزءًا من النظامِ SI بينما يمكنُ استخدامُها معَ وحداتِه. تلكَ الوحداتُ مستخدمةٌ في قياسِ الوقتِ والحجمِ والكتلةِ، كما هوَ ظاهرٌ في الجدولِ 4-1.

مراجعةُ القسمِ 3-1

1. بيِّن أوجهَ الاختلافِ بينَ المجاهرِ من حيثُ قدرةِ التكبيرِ والتمييز؟
2. كيفَ تُحسَبُ قدرةُ التكبيرِ القصوى لدى المجهرِ الضوئيِّ المركَّب؟
3. كيفَ يعملُ المجهرُ الإلكترونيُّ الماسح؟
4. ما الفرقُ بينَ صورةِ المجهرِ الإلكترونيِّ الماسحِ وصورةِ المجهرِ الإلكترونيِّ النافذ ؟
5. لماذا يستخدمُ العلماءُ عبرَ العالمِ النظامَ SI؟
6. **تفكيرٌ ناقد** قد يفضِّلُ أحدُ العلماءِ استخدامَ درجاتِ التكبيرِ الخفيفةِ في المجهرِ الضوئيِّ لملاحظةِ مظاهرِ الكائناتِ أحاديةِ الخليّةِ. لماذا؟

مراجعة الفصل 1

ملخص / مفردات

1-1

- علمُ الأحياءِ هوَ علمُ الحياةِ بدءًا منَ الكائناتِ الحيّةِ أُحاديةِ الخليّةِ وصولاً إلى التفاعلاتِ الشاملةِ بينَ ملايين الكائناتِ الحيّة.
- الخليّةُ هيَ الوحدةُ الأساسيةُ للحياة. والكائناتُ الحيّةُ تكونُ إما أُحاديةَ الخليّةِ وإما عديدةَ الخلايا.
- أجسامُ الكائناتِ الحيّةِ لها تنظيمٌ أرقى من تنظيمِ الأجسامِ غيرِ الحيّة.
- الكائناتُ الحيّةُ تستخدمُ الطاقةَ في عمليةٍ تُدعى الأيض.
- للكائناتِ الحيّةِ بضعُ آليّاتٍ تمكِّنُها منَ المحافظةِ على استقرارِ ظروفِها الداخليةِ الذي يعرفُ بالاتزان الداخلي.
- عندما تنمو الكائناتُ الحيّةُ، تكبرُ خلاياها وتنقسم.
- الكائناتُ الحيّةُ تتكاثرُ وتُنتجُ كائناتٍ تُشبِهُها.
- الكائناتُ الحيّةُ ذاتيةُ التغذيةِ تستمدُّ الطاقةَ وتصنعُ موادَّها الغذائيةَ بنفسِها.
- الكائناتُ الحيّةُ غيرُ ذاتيةِ التغذيةِ تستمدُّ الطاقةَ منَ الموادِ الغذائيةِ التي تحصُلُ عليها من محيطِها.
- هناكَ المزيدُ مما يجب تعلُّمُهُ حولَ العالَمِ الحيّ.

مفردات

- (6) Homeostasis الاتّزانُ الداخلي
- (7) Cell division انقسامُ الخليّة
- (6) Metabolism الأيض
- (6) Photosynthesis البناءُ الضوئي
- (7) Development التطوُّر
- (7) Reproduction التكاثر
- (7) Cell differentiaion تمايزُ الخلايا
- (6) Autotroph ذاتيُّ التغذية
- (5) Biology علمُ الأحياء
- (6) Heterotroph غيرُ ذاتيِّ التغذية
- (5) Unicellular organism الكائنُ أُحاديُّ الخليّة
- (5) Organism الكائنُ الحيّ
- الكائنُ عديدُ الخلايا (5) Multicelullar organism

2-1

- الاستقصاءاتُ العلميةُ تبدأ عمومًا بالملاحظة.
- الطرائقُ التي يستخدمُها العلماءُ منَ المنهجِ العلميِّ تضمُّ (1) الملاحظة (2) طرحَ السؤالِ (3) جمعَ البياناتِ وتحليلَها (4) وضعَ الفرضيةِ (5) التجريبَ (6) الاستنتاج.
- الفرضيةُ هيَ تفسيرُ الملاحظات. والفرضيةُ يمكنُ اختبارُها.
- في التجربةِ الضابطةِ تكونُ المجموعةُ الاختباريةُ مطابقةً للمجموعةِ الضابطةِ في كلِّ شيءٍ باستثناءِ عاملٍ واحدٍ يُسمّى المتغيِّرَ المستقل.
- التواصلُ مهمٌّ جدًّا في العلوم، لأنَّ العلماءَ يبنونَ على أعمالِ علماءَ آخرين.

مفردات

- (11) Sampling أخذُ العيّنات
- (15) Inference الاستدلال
- (10) Data البيانات
- (12) Experimenting التجريب
- (13) Controlled experiment التجربةُ الضابطة
- (12) Prediction التوقُّع
- (12) Hypothesis الفرضية
- (13) Dependent variable المتغيِّرُ التابع
- (13) Independent variable المتغيِّرُ المستقل
- (13) Experimental group المجموعةُ التجريبية
- (13) Control group المجموعةُ الضابطة
- (9) Observation الملاحظة
- (15) Theory النظرية
- (14) Model النموذج

3-1

- علماءُ الأحياءِ يستخدمونَ في الغالبِ مجهرًا ضوئيًّا مرَكَّبًا لرؤيةِ الأشياءِ الصغيرةِ كالخلايا.
- المجاهرُ الإلكترونيةُ تؤمِّنُ تكبيرًا أعلى وتمييزًا أفضلَ منَ المجاهرِ الضوئية.
- النظامُ العالميُّ لوحداتِ SI نظامٌ معياريٌّ للقياس، يَستخدمُ سبعَ وحداتٍ أساسية.
- كلُّ عملياتِ القياسِ التي يُجريها العلماءُ تَتِمُّ باستخدامِ وحداتِ SI ووحداتٍ مشتقّةٍ ووحداتٍ مقبولةٍ أخرى.

مفردات

- (17) Magnification التكبير
- (17) Resolution التمييز
- (17) Objective lens العدسةُ الشيئية
- (17) Ocular lens العدسةُ العينية
- قدرةُ التكبير (18) Power of magnification
- (18) Nosepiece القطعةُ الأنفية
- (17) Microscope المجهر
- المجهرُ الإلكتروني (18) Electron microscope
- المجهرُ الإلكترونيُّ الماسح (SEM) (18) Scanning electron microscope
- المجهرُ الضوئيُّ المركّب (17) Compound light microscope
- المجهرُ الإلكترونيُّ النافذ (TEM) Transmission electron microscope (18)
- (17) Stage المنضدة
- (19) SI النظامُ العالميُّ للوحدات
- (19) Base unit الوحدةُ الأساسية
- (20) Derived unit الوحدةُ المشتقة

مراجعة

مفردات

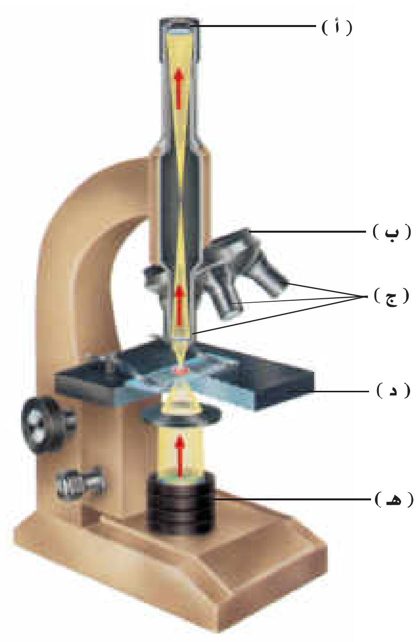
1. ما الفرقُ بينَ التكاثرِ الجنسيِّ والتكاثرِ اللاجنسي؟
2. قارنْ بينَ الكائناتِ الحيّةِ ذاتيةِ التغذيةِ والكائناتِ الحيةِ غيرِ ذاتيةِ التغذيةِ.
3. كيفَ يُسهمُ انقسامُ الخلايا وازديادُ حجمِها في النموّ؟
4. اِشرحِ الفرقَ بينَ صنعِ النموذجِ والاستدلال.
5. صفْ أوجهَ الشبهِ والاختلافِ بينَ المجهرِ الإلكترونيِّ النافذِ والمجهرِ الإلكترونيِّ الماسح.

اختيارٌ من مُتعدِّد

6. التكاثرُ يتضمَّنُ انتقالَ المعلوماتِ الوراثيةِ (أ) من كائنٍ ذاتيِّ التغذيةِ إلى كائنٍ غيرِ ذاتيِّ التغذيةِ (ب) منَ الآباءِ إلى الأبناءِ (ج) منَ الأبناءِ إلى الآباءِ (د) من كائنٍ أحاديِّ الخليّةِ إلى كائنٍ عديدِ الخلايا.
7. الكائناتُ الحيّةُ التي تستمدُّ الطاقةَ منَ الطعامِ اسمُها (أ) الكائناتُ ذاتيةُ التغذية (ب) الكائناتُ غيرُ ذاتيةِ التغذية (ج) الكائناتُ المتَّزنةُ داخليًّا (د) الكائناتُ التي تتكاثر.
8. النموُّ يتمُّ بنتيجةِ (أ) التنظيمِ والتكاثرِ (ب) التنظيمِ واستخدامِ الطاقة (ج) الإحساسِ والاستجابة (د) انقسامِ الخلايا وازديادِ حجمِها.
9. دمجُ المعلوماتِ الوراثيةِ من فردينِ يتمُّ أثناءَ (أ) الاتِّزانِ الداخلي (ب) النموّ (ج) التكاثر (د) التمايز.
10. البياناتُ الكميّةُ تكونُ دائمًا (أ) موصوفةً بالكلماتِ (ب) ممثَّلةً بالأرقام (ج) مسجّلةً على آلةِ تسجيل (د) مرئيةً عبرَ المجهر.
11. الفرضيةُ (أ) مطابقةٌ لنظرية (ب) يمكنُ اختبارُها (ج) صحيحةٌ في العادة (د) صحيحةٌ دائمًا.
12. قدرةُ تمييزِ المجهرِ ترمزُ إلى (أ) قدرتِهِ على زيادةِ حجمِ الشيءِ الظاهري (ب) قدرتِهِ على تَبيانِ التفاصيلِ بوضوح (ج) سلسلةِ العدساتِ الشيئيةِ القابلةِ للتبديلِ لديه (د) قدرتِهِ على مسحِ سطحِ شيءٍ معيَّن.
13. تُعرَّفُ الصيغةُ « إذا كان – فإنَّ » بـ (أ) الفرضية (ب) التوقع (ج) المُتغيِّر (د) الاستنتاج.

إجابةٌ قصيرة

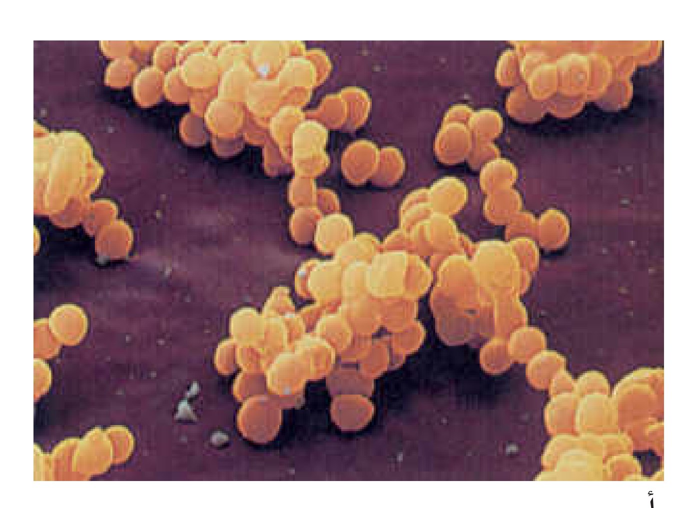
14. سمِّ كلَّ جزءٍ من أجزاءِ المجهرِ الضوئيِّ المركَّبِ المشارِ إليها بحروف.



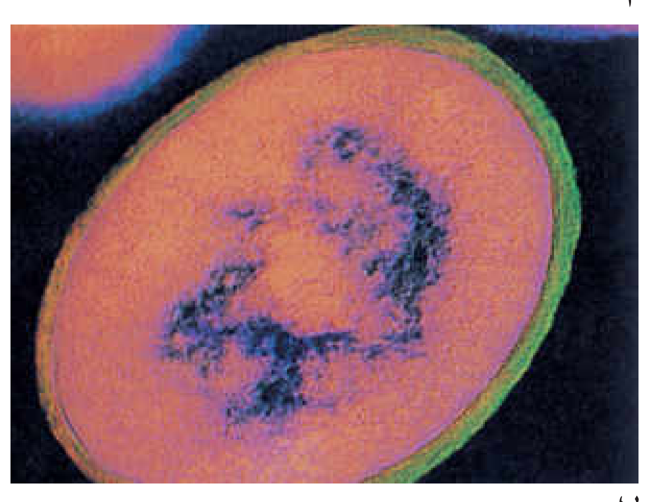
15. لماذا يَعتبرُ العلماءُ أنَّ أجسامَ الكائناتِ الحيةِ ذاتَ تنظيم؟
16. ما وجهُ الاختلافِ بينَ النتائجِ الناجمةِ عنِ الانقسامِ الخلويِّ لدى كائنٍ حيٍّ أحاديِّ الخليّةِ وكائنٍ حيٍّ آخرَ عديدِ الخلايا؟
17. لِمَ تأخرَ اكتشافُ بعضِ الحيواناتِ إلى اليوم؟
18. ما العلاقةُ بينَ الفرضيةِ والتوقُّع؟
19. صفْ تجربةً ضابطةً أُجْرِيَتْ لإثباتِ سببِ حمّى الإيبولا.
20. ما أهميةُ النموذج؟
21. ما الذي يحدُّ من استخدامِ المجاهرِ الإلكترونيةِ الماسحةِ والمجاهرِ الإلكترونيةِ النافذةِ أثناءَ ملاحظةِ الكائناتِ الحيّة؟

تفكيرٌ ناقد

1. منْ أُولى فروعِ علمِ الأحياءِ الناشئةِ كانَ علمُ تصنيفِ الكائناتِ الحيّة، وتسميتُها. لماذا يعتبرُ علمُ التصنيفِ مهمًّا بالنسبةِ لعمليةِ التواصلِ بينَ العلماءِ حولَ علمِ الأحياء؟
2. تنمو بلَّوراتُ الصخورِ وتكبر. كيفَ تختلفُ هذهِ العمليةُ عن طريقةِ نموِّ الكائناتِ الحيّة؟
3. «الطرائقُ والموادُّ»، منْ أهمِّ أقسامِ المقالةِ العلميةِ الذي يصفُ فيهِ العلماءُ الإجراءَ المستخدمَ في التجريب. لماذا كانتْ هذه التفاصيلُ مهمةً إلى هذا الحدِّ في رأيك؟
4. اُنظرْ إلى الصورتينِ الفوتوغرافيّتينِ **أ** و **ب**. كلاهما لنوعٍ واحدٍ منَ البكتيريا *Staphylococcus aureus*. الصورةُ **أ** أُخِذتْ بمجهرٍ إلكترونيٍّ ماسح، وأُخذتِ الصورةُ **ب** بمجهرٍ إلكترونيٍّ نافذ. قارنْ بينَ ما تريكَ إيّاهُ الصورتانِ المجهريتانِ **أ** و **ب** عن هذا الكائنِ الحيّ.



أ



ب

توسيعُ آفاقِ التفكير

لاحظْ بواسطةِ مجهرٍ ضوئيٍّ مركَّبٍ شرائحَ جاهزةً لكائناتٍ أُحاديةِ الخليّةِ كاليوجلينا *Euglena*، مستخدمًا ثلاثَ قدراتِ تكبيرٍ مختلفة. ارسُمْ صورةً لكلِّ كائنٍ منها كما يبدو معَ كلِّ قدرةِ تكبيرٍ، واكتبْ وصفًا موجزًا لمستوى التفصيلِ الذي تراه.

الفصـــلُ 2

الكيمياءُ الأحيائية



قنديلُ البحر هذا Pseudorhiza haeckeli جسمُهُ مكوَّنٌ من الماءِ بنسبةِ 99%.

المفهومُ الرئيس: المادةُ والطاقةُ والتنظيم

وأنتَ تقرأُ، لاحظْ كيفيةَ ارتباطِ الوظيفةِ بالتركيبِ في كلٍّ منَ المركَّباتِ التي تتفحَّصُها.

القسم

1-2

النواتجُ التعليمية

▲ يصفُ كيف تتضمّنُ التفاعلاتُ الكيميائيةُ تغيّراتِ الطاقة.

● يشرحُ كيف تؤثّرُ الأنزيماتُ في التفاعلاتِ الكيميائيةِ لدى الكائناتِ الحيّة.

■ يوضّحُ فائدةَ تفاعلاتِ الأكسدةِ والاختزال.

◆ يصفُ استخدامَ مقياسِ الرقمِ الهيدروجيني.

التفاعلاتُ الكيميائيةُ والطاقة

ترتبطُ التفاعلاتُ الكيميائيةُ في الكائنِ الحيِّ بالظروفِ الملائمة. يمكنُها، على سبيلِ المثالِ، أن ترتبطَ بدرجةِ الحرارة، وبدرجةِ تركيزِ مادةٍ مذابةٍ في محلولٍ أو بالرقمِ الهيدروجيني.

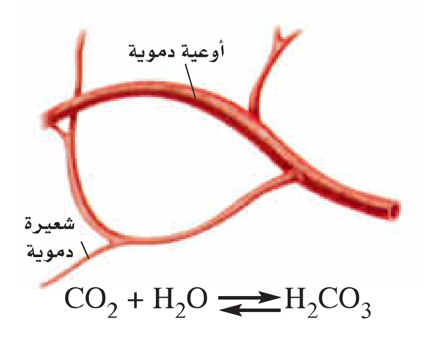
من خصائصِ الكائناتِ الحيّةِ كلِّها أنّها تستخدمُ الطاقة. وكميّةُ الطاقةِ في الكونِ تظلُّ ثابتةً عبرَ الزمنِ، غيرَ أنَّ الطاقةَ يمكنُ أن تتغيّرَ من صورةٍ إلى أخرى وبشكلٍ مستمرّ.

يسعى علماءُ الأحياءِ، عندما يقومونَ بدراسةِ كيمياءِ الكائناتِ الحيّةِ، إلى فهمِ تدفُّقِ الطاقةِ منَ الشمسِ إلى كلِّ كائنٍ حيٍّ وعبرَ كلِّ كائنٍ حيٍّ على الأرضِ تقريبًا.

التفاعلاتُ الكيميائية

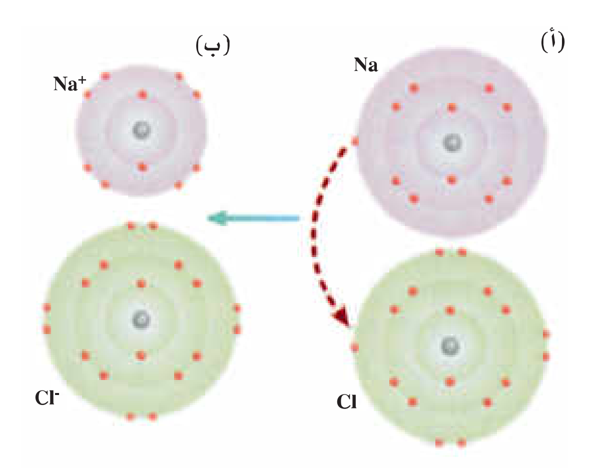
تُجري الأجسامُ الحيَّةُ آلافَ التفاعلاتِ الكيميائيةِ كجزءٍ منَ العملياتِ الحياتيّةِ التي تخصُّها. والعديدُ من هذهِ التفاعلاتِ شديدُ التعقيدِ والترابطِ، ويتضمّنُ تسلسلاً متعدّدَ الخطواتِ، كما يوجدُ تفاعلاتٌ أخرى تميلُ إلى البساطة. أما التفاعلُ الانعكاسيُّ الذي يَجري وصفُهُ من خلالِ الشكلِ 1-2، فيتمُّ في دمِنا.

الموادُّ المتفاعلةُ Reactants مبيَّنةٌ في الجانبِ الأيسرِ منَ المعادلةِ الكيميائيّةِ (تحتَ الصورة). يجري التفاعلُ هنا بينَ متفاعلينِ هما ثاني أُكسيدِ الكربونِ والماء CO_2. أما **الموادُّ الناتجةُ Products** عنِ التفاعلِ فهيَ مبيَّنةٌ في الجانبِ الأيمنِ، وهيَ H_2CO_3 حمضُ الكربونيك. لاحظْ أنَّ عددَ كلِّ نوعٍ منَ الذرّاتِ يجبُ أن يكونَ هوَ ذاتَه عندَ طرفَيِ السهم. لدى التفاعلِ الكيميائيِّ تتحطّمُ الروابطُ المتواجدةُ أصلاً في المادةِ المتفاعلة، وتتمُّ إعادةُ ترتيبِ العناصرِ الكيميائية، وتتشكّلُ مركَّباتٌ جديدةٌ هيَ بمثابةِ موادَّ منتَجة. يشيرُ السهمُ الثنائيُّ الاتجاهِ إلى إمكانيةِ حدوثِ هذا التفاعلِ الكيميائيِّ في أيٍّ منَ الاتجاهين. يمكنُ لثاني أكسيدِ الكربونِ وللماءِ أن يتَّحدا ويُشكّلا حمضَ الكربونيك (Carbonic acid) H_2CO_3، كما يمكنُ لحمضِ الكربونيكِ ذاتِه أن يتفكَّكَ إلى ماءٍ وثاني أُكسيدِ الكربون.



$$CO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3$$

الشكل 1-2
التفاعلُ المبيّنُ في هذا الشكلِ هوَ تفاعلٌ انعكاسيٌّ يتمُّ في الأوعيةِ الدموية. إنَّ الموادَّ الناتجةَ منَ التفاعلِ تظلُّ متواجدةً في الأوعيةِ الدموية، لذلكَ يمكنُ للتفاعلِ أن يجريَ منَ اليسارِ إلى اليمينِ أو منَ اليمينِ إلى اليسار.



الشكلُ 2-2
عن طريقِ فقدانِ الإلكترونِ الخارجيِّ تتحوَّلُ ذرَّةُ الصوديومِ إلى أيونِ صوديوم Na^+. عن طريقِ كسبِ إلكترونٍ واحدٍ تتحوَّلُ ذرَّةُ الكلورِ إلى أيونِ كلوريد Cl^-.

تفاعلاتُ الأكسدةِ والاختزال

تجري في الأجسامِ الحيّةِ تفاعلاتٌ كيميائيةٌ تتضمنُ عمليةَ نقلٍ للالكترونات. تُسمّى تلك التفاعلاتُ التي يحدثُ فيها نقلٌ للإلكتروناتِ ما بينَ الذرّات، **تفاعلاتِ الأكسدةِ والاختزال**، أو **تفاعلاتِ ريدوكس Redox reactions**. مع **تفاعلِ الأكسدةِ Oxidation reaction** تفقدُ المادةُ المتفاعلةُ إلكترونًا واحدًا أو أكثرَ، وتصبحُ بالتالي ذاتَ شحنةٍ أكثرَ إيجابية. على سبيلِ المثال، تفقِدُ ذرّةُ الصوديومِ إلكترونًا واحدًا، على نحوِ ما هوَ مبيّنٌ في الشكلِ 2-2. بهذا تتأكسدُ ذرّةُ الصوديومِ كي تكوّنَ أيونَ صوديوم موجبًا Na^+. أما في **تفاعلِ الاختزالِ Reduction reaction** فتكسبُ المادةُ المتفاعلةُ إلكترونًا واحدًا أو أكثرَ، وتصبحُ ذاتَ شحنةٍ أكثرَ سلبية. عندما تكسبُ ذرّةُ الكلوريدِ إلكترونًا واحدًا لتكوّنَ أيونَ الكلوريد Cl^-، فهيَ بذلكَ تحقّقُ اختزالاً. للأيوناتِ في الكائناتِ الحيّةِ أهميةٌ كبرى، وعلى سبيلِ المثال، هناكَ حاجةٌ إلى أيوناتِ الصوديومِ والبوتاسيومِ لنقلِ السيالاتِ العصبيةِ، كما لأيوناتِ الكلسيوم أهميّةٌ في تقلّصِ العضلات. كذلكَ تمتصُّ النّباتاتُ الأملاحَ الضروريةَ على صورةِ أيونات. تتمُّ تفاعلاتُ ريدوكس معًا على الدوام. يحصلُ تفاعلُ الأكسدة فتعطي مادّةٌ ما الكترونًا، وخلالَ تفاعلِ الاختزالِ يتمُّ استقبالُ إحدى الموادِّ للإلكترون.

تفاعلاتُ الأكسدةِ والاختزالِ تتمُّ في جسمِ الإنسانِ لتنفيذِ عددٍ منَ الوظائفِ الأحيائيةِ على مثالِ ما يجري في الدم، على مستوى الأوعيةِ الشعريةِ للرئتين، وذلكَ بغرضِ تأمينِ الأُكسجين للخلايا. في الرئتين، يتّحدُ الأكسجينُ بمادةِ الهيموجلوبين في خلايا الدمِ الحمراءِ، وهذهِ عمليةُ أكسدةٍ، ليتكوَّنَ مركّبُ الاكسهيموجلوبين الذي يقومُ بنقلِ الأكسجينِ إلى الأنسجةِ، حيثُ يجري تفاعلُ الاختزالِ، فيتفكّكُ المركبُ إلى مكوِّنَيْه.

الرقمُ الهيدروجيني

طوّرَ العلماءُ مقياسًا لمقارنةِ **درجاتِ التركيز Concentration** النسبيةِ **لأيوناتِ الهيدرونيوم Hydronium ions** وأيوناتِ **الهيدروكسيد Hydroxide ions** في محلولٍ معيَّن، يُدعى **مقياسَ الرقمِ الهيدروجيني pH Scale**. وهو يراوحُ بين الرقم صفرٍ والرقمِ 14، على النحوِ المبيَّن في الشكل 2-3. إنَّ أيَّ محلولٍ رقمُه الهيدروجينيُّ صفرٌ هوَ محلولٌ ذو حمضيةٍ مرتفعةٍ، فيما يكونُ المحلولُ ذو الرقمِ الهيدروجينيِّ 7 محلولاً معادلاً، أمّا المحلولُ ذو الرقمِ الهيدروجينيِّ 14 فهوَ ذو قلويةٍ مرتفعة.

المحاليلُ المنظِّمة

للتحكُّم بالرقمِ الهيدروجينيِّ أهميةٌ في الأجهزةِ الأحيائية. فالأنزيماتُ قادرةٌ، حصرًا، على العمل ضمن نطاقٍ ضيّقٍ جدًا منَ الرقمِ الهيدروجينيّ. غالبًا ما يتمُّ التحكُّمُ بالرقمِ الهيدروجينيِّ في الكائناتِ الحيةِ بواسطةِ **محاليلَ منظِّمةٍ لهذا الرقم**. **Buffers** فالمحاليلُ المنظِّمة تلكَ هيَ موادٌّ كيميائيةٌ تقومُ بمعادلةِ Neutralization مقاديرَ ضئيلةٍ من أيِّ حمضٍ أو أيِّ مادةٍ قلويةٍ، عندما يُضافُ أيٌّ منَ الاثنينِ إلى محلولٍ معيّن.

وكما يُظهر الشكلُ 2-3 فإنَّ مكوناتِ الوسطِ الداخليِّ لجسمِك ـ من حيثُ الحمضيةُ أو القلويةُ ـ تختلفُ اختلافًا كبيرًا. بعضُ سوائلِ الجسمِ **كحمض Acid** المعدةِ والبولِ موادُّ حمضية، والبعضُ الآخرُ كسائلِ الأمعاءِ والدمِ **موادُّ قلوية Alkaline or Base**. هناكَ أنظمةٌ معقّدةٌ في المحاليلِ المنظِّمةِ تعملُ في الحفاظِ على استقرارِ الرقمِ الهيدروجينيِّ لسوائلِ الجسمِ عندَ مستواهُ الطبيعيِّ والآمن.



الشكل 2-3
البعضُ من سوائلِ جسمِكَ حمضيٌّ، فيما البعضُ الآخرُ قلويّ. المحلولُ الذي يفوقُ رقمُهُ الهيدروجينيُّ 7 هوَ محلولٌ قلويّ، بينما المحلولُ ذو الرقمِ الهيدروجينيِّ الذي يقلُّ عن 7 هوَ محلولٌ حمضيّ.

الطاقة

نقلُ الطاقة

يأتي الجزءُ الأكبرُ منَ **الطاقةِ Energy** التي يحتاجُ إليها جسمُ الإنسانِ منَ السكّرياتِ الموجودةِ في الطعام. يقومُ جسمُنا بصورةٍ متواصلةٍ، بسلسلةٍ منَ التفاعلاتِ الكيميائيةِ التي يتمُّ فيها تحطيمُ السكَّرِ والموادِّ الأخرى، ويتمُّ تفكيكُها إلى ماءٍ وثاني أكسيدِ الكربون. عبرَ هذهِ العمليةِ تُنْتَجُ الطاقةُ التي يستعملُها جسمُنا. تُسمى التفاعلاتُ الكيميائيةُ التي تُنْتِجُ **الطاقةَ الحرةَ Free energy** باسمِ **التفاعلاتِ الطاردةِ للطاقةِ Exergonic reactions**. أما التفاعلاتُ الكيميائيةُ التي تمتصُّ الطاقةَ الحرّةَ فاسمُها **التفاعلاتُ الماصّةُ للطاقةِ Endergonic reactions**.

طاقةُ التنشيط

بالنسبةِ لمعظمِ التفاعلاتِ الكيميائيةِ، يتطلّبُ انطلاقُها تزويدَ الموادِّ المتفاعلةِ بالطاقة. وفي العديدِ منَ التفاعلاتِ الكيميائيةِ تكونُ كميّةُ الطاقةِ المطلوبةُ لانطلاقِ التفاعلِ كبيرةً، وتسمّى **طاقةَ التنشيط Activation energy**.

تقومُ بعضُ الموادِّ الكيميائيةِ المعروفةِ **بالموادِّ المحفِّزةِ Catalysts** بخفضِ مقدارِ طاقةِ التنشيطِ المطلوبِ لتفاعلٍ معيّن، على النحوِ المبيَّنِ في الشكلِ 2-4 . من شأنِ التفاعلِ أن ينطلقَ، في حضورِ المادةِ المحفِّزةِ المطلوبةِ، بصورةٍ تلقائيةٍ، أو بعدَ إضافةِ مقدارٍ قليلٍ منَ الطاقة. **الأنزيمات Enzymes** هيَ مجموعةٌ كبيرةٌ منَ الموادِّ المحفِّزةِ في الأجسامِ الحيّة. يمكنُ لجسمٍ حيٍّ واحدٍ أن يمتلكَ الآلافَ منَ الأنزيماتِ المختلفةِ، حيثُ يحفِّزُ كلُّ أنزيمٍ تفاعلاً كيميائيًّا محدَّدًا.

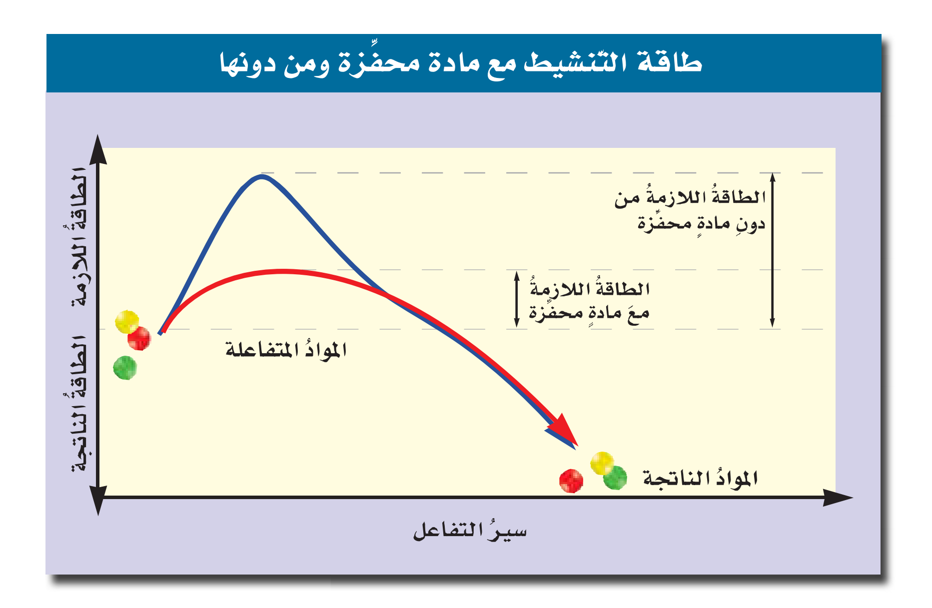
جذرُ الكلمةِ وأصلُها

مادة محفِّزة

catalyst

منَ اليونانيةِ katalysis

وتعني «تحلُّل»



الشكل 2-4
المنحنى الأزرقُ يبيّنُ طاقةَ التنشيطِ التي يجبُ تأمينُها قبلَ انطلاقِ هذا التفاعل. يمكنُ خفضُ طاقةِ التنشيطِ على نحوِ ما يبيّنُهُ المنحنى الأحمرُ اللونِ، عن طريقِ إضافةِ مادةٍ محفِّزة.

مراجعةُ القسمِ 1-2

1. وضّحِ الفرقَ بينَ التفاعلِ الماصِّ للطاقةِ والتفاعلِ الطاردِ لها.
2. وضّحْ كيفَ تؤثِّرُ المادةُ المحفِّزةُ على التفاعل.
3. لماذا يترافقُ التفاعلُ الاختزاليُّ على الدوامِ معَ تفاعلِ الأكسدة؟
4. ما الرقمُ الهايدروجيني لمحلولٍ متعادل؟
5. ما المحلولُ المنظِّمُ للرقمِ الهيدروجيني؟
6. **تفكيرٌ ناقد** لماذا تحتاجُ الكائناتُ الحيّةُ إلى إمدادِها المستمرِّ بالطاقةِ، بالرغمِ من أنَّ الكثيرَ منَ التفاعلاتِ الكيميائيةِ التي تجريها تنتجُ الطاقة؟

القســـم

2-2

النواتجُ التعليمية

▲ يصفُ تركيبَ جزيءِ الماء.

● يشرحُ كيفيةَ تأثيرِ الطبيعةِ القطبيةِ للماءِ في قدرتِهِ على إذابةِ الموادِّ الأخرى.

■ يسمّي خاصّتَيْنِ للماءِ تنجمانِ عنِ الرابطةِ الهيدروجينية.

الماء

قارنْ بينَ جسمِ قنديلِ البحرِ المبيَّنِ في الصفحةِ الأولى من هذا الفصلِ وبينَ جسمِكَ أنت. سيموتُ قنديلُ البحرِ إذا تمَّ إخراجُهُ من محيطِهِ المائيّ. فيما يمكنُكَ أنتَ أن تعيشَ في أكثرِ أصقاعِ الأرضِ جفافًا. يبدو قنديلُ البحرِ والإنسانُ على طرفَيْ نقيض، في حين أنَّ جسمَيْهِما مكوّنانِ من خلايا ملأى بالماء. تجري التفاعلاتُ الكيميائيةُ لدى الكائناتِ الحيّةِ كلِّها، في وسطٍ مائيّ. للماءِ خصائصُ عديدةٌ وفريدةٌ تجعلُهُ أحدَ أهمِّ المركّباتِ الموجودةِ في الكائناتِ الحيّة.

القطبية

الماءُ مثالٌ على جزيءٍ **قطبيٍّ Polar**، أي هوَ جزيءٌ يتّصفُ بعدمِ التساوي في توزيعِ الشحنات، ما يعني أنَّ لكلِّ جزيءِ ماءٍ طرفًا موجبًا وطرفًا سالبًا، كما في الشكل 2-5 أ. لاحظْ في الشكلِ 2-5ب أن الذرّاتِ الثلاثَ في جزيءِ الماءِ غيرُ منتظمةٍ في خطٍّ مستقيمٍ، كما يمكنُ أن تتوقّع. بل إنَّ ذرّتَي الهيدروجينِ ترتبطانِ بذرّةِ أوكسجينٍ وحيدةٍ على شكلِ زاوية.

بالرغمِ من أنَّ الشحنةَ الكهربائيةَ الإجماليةَ لجزيءِ الماءِ معادلةٌ، فإنَّ الطّبيعةَ القطبيةَ هذهِ تجعلُهُ فعّالاً جدًا في إذابةِ العديدِ منَ الموادِّ الأخرى. فالماءُ يذيبُ موادَّ قطبيةً أخرى، من ضمنِها السكّرياتُ وبعضُ البروتيناتِ والمركّباتُ الأيونيةُ مثلُ كلوريدِ الصوديوم NaCl.

الشكل 2-5

تركيبُ جزيءِ الماءِ القطبي.

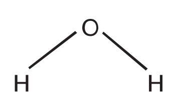
−

O

H H

\+ \+

(أ) النموذجُ المجسَّمُ (الثلاثيُّ الأبعاد) للماء



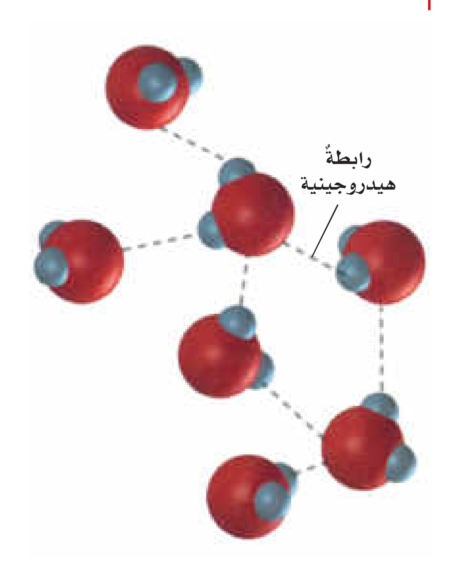
(ب) الصيغةُ التركيبيةُ للماء

الرابطةُ الهيدروجينية

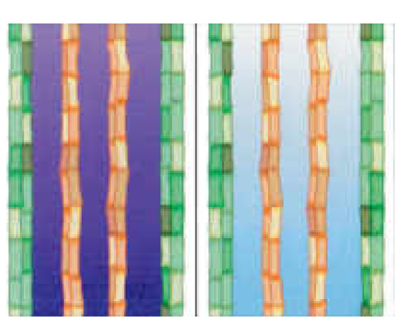
تسبِّبُ الطبيعةُ القطبيةُ للماءِ، كذلكَ، تجاذبًا بينَ جزيئاتِهِ. يُدعى نوعُ التجاذبِ الذي يربطُ بينَ جزيئينِ مائيّينِ، **الرابطةَ الهيدروجينيةَ Hydrogen bond**، كما هوَ مبيّنٌ في الشكل 2-6. إنَّ الرابطةَ الهيدروجينيةَ ذاتُ قوةِ اجتذابٍ تتسبَّبُ في جعلِ جزيئاتِ الماءِ تتماسكُ معَ بعضِها، وتُعرَفُ قوةُ التجاذبِ بينَ جزيئاتٍ من نوعٍ واحدٍ **بالتماسك Cohesion**. وبفضلِ القطبيةِ هذهِ، تستطيعُ جزيئاتُ الماءِ أيضًا أن تتجاذبَ معَ جزيئاتٍ من موادَّ أخرى، ويُسمّى هذا التجاذبُ **التلاصق Adhesion**.

التماسكُ والتلاصقُ معًا، يمكّنانِ جزيئاتِ الماءِ منَ التحرّكِ صعدًا عبرَ أنابيبَ ضيّقة. هذهِ الميزةُ للماءِ تعرفُ **بالخاصيةِ الشّعرية Capillarity**. تقومُ الخاصيةُ الشّعريةُ بدورٍ هامٍّ هوَ صعودُ الماءِ في النباتِ عبرَ الجذعِ حتى بلوغِ قمتِهِ، على نحوِ ما هوَ مبيّنٌ في الشكلِ 2-7.

ومنْ خصائص الماءِ صعوبةُ التغيّرِ في درجةِ حرارتِهِ، أي كسبُ كميةٍ كبيرةٍ منَ الطاقةِ أو فقدُها. وهو مكوّنٌ أساسيٌّ للكائناتِ الحيّةِ، وهذهِ الكائناتُ ملزَمةٌ بالحفاظِ على اتزانِها الداخليِّ، فيكونُ الماءُ مساعدًا لها على الحفاظِ على درجةِ حرارةٍ داخليةٍ مستقرة، برغمِ تبدّلِ درجةِ الحرارةِ في البيئةِ المحيطة.



الشكل 2-6
تمثّلُ الخطوطُ المتقطّعةُ، في هذا الشكلِ، روابطَ هيدروجينية.

الشكل 2-7
بحكمِ القوى الكبيرةِ للتماسكِ والتلاصق، يمكنُ للماءِ أن ينتقلَ صُعُدًا منَ الجذورِ إلى الزهرات. في الزهرةِ المبيَّنةِ إلى اليمين، انتقلَ الماءُ الملوَّنُ بالصباغِ الأزرقِ، صُعُدًا عبرَ الجذعِ نحوَ البتلات.

مراجعةُ القسمِ 2-2

1. صفْ تركيبَ جزيءِ الماء.
2. ما الجزيءُ القطبيّ؟
3. ماذا يحصلُ عندما تمتزجُ مركّباتٌ أيونيةٌ بالماء؟
4. ما ميزتا الماءِ اللتانِ تنجمانِ عن مَيْلِ الماءِ إلى تشكيلِ روابطَ هيدروجينية؟
5. ما الخاصةُ الشّعرية؟
6. **تفكيرٌ ناقد** لمعظمِ السياراتِ محرّكاتٌ مبرَّدةٌ بالماء. ما صفةُ المحلولِ المضادِّ للتجمُّدِ «مانعِ التجمُّد» الذي يمكنُهُ أن يحلَّ محلَّ الماءِ في نظامِ التبريد؟

القسم 3-2

مركّباتُ الكربون

يمكنُ تصنيفُ المركّباتِ المتنوّعةِ المكتَشفةِ كافةً ضمنَ فئتينِ كبيرتين: المركّباتِ العضويةِ والمركّباتِ غيرِ العضوية. تحتوي **المركّباتُ العضوية** **Organic compounds** على ذرّاتِ كربونٍ ترتبطُ بذرّاتِ كربونٍ أخرى عبرَ الرابطةِ التساهمية. كما ترتبطُ بعناصرَ أخرى كذلكَ، كالهيدروجين والأكسجين والنيتروجين. إنَّ كيمياءَ الكربونِ هيَ كيمياءُ الحياة.

النواتجُ التعليمية

▲ يعرِّفُ المركّبَ العضويَّ ويسمّي ثلاثةَ عناصرَ يغلبُ تواجدُها في المركّباتِ العضوية.

● يفسِّرُ سببَ قدرةِ الكربونِ على تشكيلِ العديدِ منَ المركّباتِ المختلفة.

■ يعرِّفُ مجموعةً كيميائيةً وظيفيةً ويبيِّنُ أهمّيّتَها.

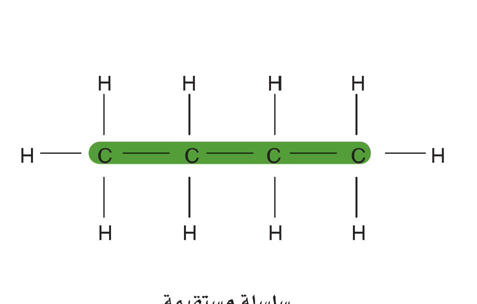
◆ يقارنُ بينَ التفاعلِ التكاثفيِّ وبينَ التحللِ بالماء.

الرابطةُ الكربونية

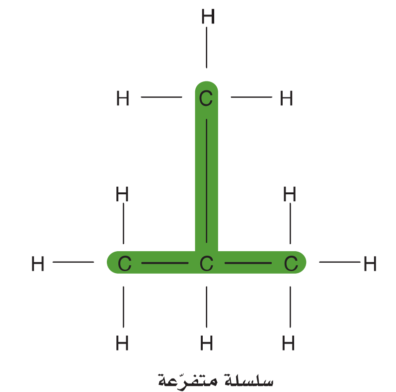
لذرّةِ الكربونِ أربعةُ إلكتروناتٍ تقعُ عندَ المستوى الأبعدِ للطاقةِ الذي يخصُّها. تغدو معظمُ الذرّاتِ مستقرةً عندما يضمُّ المستوى الأبعدُ للطاقةِ لديها ثمانيةَ إلكترونات. لهذا تشكِّلُ ذرّةُ الكربونِ أربعةَ روابطَ تساهميةٍ معَ العناصرِ الأخرى. ويختلفُ الكربونُ عن غيرهِ منَ العناصرِ بكونهِ يرتبطُ بذرّاتِ كربونٍ أخرى، فيشكّلُ سلاسلَ مستقيمةً وسلاسلَ متفرّعةً أو حلقاتٍ، على النحوِ المبيّنِ في الشكلِ 2-8. وينتجُ من مَيْلِ الكربونِ إلى الارتباطِ بذاتِهِ، تنوّعٌ ضخمٌ في المركّباتِ العضوية.

في الاختزالِ الرمزيِّ للكيمياءِ، يمثِّلُ كلُّ خطٍّ مبيَّنٍ في الشكلِ 2-8 رابطةً تساهميةً تتشكّلُ عندما تشتركُ ذرّتانِ في زوجٍ منَ الإلكترونات . هذهِ الرابطةُ تُدعى الرابطةَ المنفردة. يمكنُ للكربونِ كذلكَ أن يشتركَ في زوجينِ أو حتى ثلاثةِ أزواجٍ منَ الإلكتروناتِ معَ ذرّةٍ أخرى. الشكل 2-9 أ يبيِّنُ نموذجًا لمركّبٍ عضويٍّ شكَّلتَ فيه ستُّ ذرّاتٍ منَ الكربونِ حَلَقة. لاحظْ أنَّ كلَّ ذرّةِ كربونٍ تشكّلُ أربعةَ روابطَ تساهميةٍ هيَ: رابطةٌ منفردةٌ معَ ذرّةِ كربونٍ أخرى، ورابطةٌ منفردةٌ معَ ذرةِ هيدروجينٍ، ورابطةٌ مزدوجةٌ مع ذرّةِ كربونٍ ثانية. في الرابطةِ المزدوجةِ، الممثَّلةِ بالخطّينِ المتوازيين، تتشاركُ الذرّاتُ في زوجينِ منَ الإكترونات. الشكلُ 2-9 ب يبيِّنُ رابطةً ثلاثيةً، حيثُ تتمُّ المشاركةُ بثلاثةِ أزواجٍ منَ الإلكترونات .

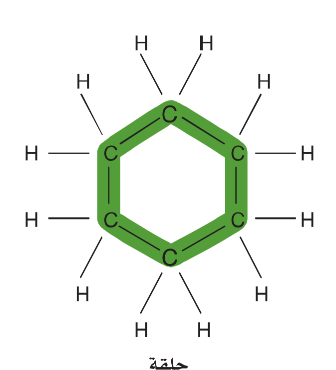
الشكل 2-8
يمكن للكربون أن يرتبطَ بطرقٍ متعدّدةٍ بحيثُ ينتجُ عن ذلك جزيئاتٌ ذات تنوعٍ كبير في الشكل، من ضمنِها سلاسلُ مستقيمةٌ وسلاسلُ متفرّعةٌ وحلقات. هذه التركيباتُ تشكّلُ العمودَ الفقريَّ للعديدِ من أنواعِ الجزيئاتِ العضوية.



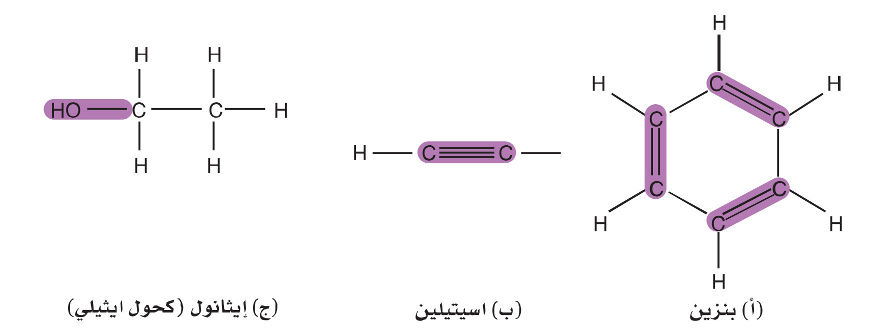
سلسلة مستقيمة



سلسلة متفرّعة



حلقة



الشكل 9-2
يمكنُ للكربون أن يشكّلَ روابطَ مزدوجةً (أ)، وحتى روابطَ ثلاثيةً (ب)، لتلبيةِ حاجتِهِ إلى ثمانيةِ إلكتروناتٍ في مستوى الطاقةِ الأبعد. تتصفُ الجزيئاتُ العضويةُ بأنَّ لها أشكالاً وأنماطًا منَ الارتباطِ عديدةً ومختلفةً، وتتصفُ باحتوائِها على العديدِ منَ المجموعاتِ الوظيفيةِ المختلفةِ التي تؤثِّرُ في خصائصِ الجزيءِ الذي ترتبطُ به. لاحظْ مجموعةَ الهيدروكسيل OH- في هذا النموذجِ من كحولِ الإيثانول (ج).

المجموعاتُ الوظائفية

في معظمِ المركّباتِ العضويةِ، تؤثِّرُ تجمّعاتٌ منَ الذرّاتِ، تُدعى **المجموعاتِ الوظائفيةَ Functional groups**، في خصائصِ الجزيئاتِ التي تتكوّنُ منها. المجموعةُ الوظيفيةُ هيَ الوحدةُ التركيبيةُ التي تحدِّدُ مزايا المركَّب. الشكلُ 9-2ج يبيّنُ مجموعةً وظيفيةً مهمةً بالنسبةِ للكائناتِ الحيّةِ، هيَ مجموعةُ الهيدروكسيل (Hydroxyl-OH).

الكحولُ Alcohol مركّبٌ عضويٌّ يتميّزُ بارتباطِ مجموعةِ هيدروكسيل بإحدى ذرّاتِ الكربونِ العائدةِ له. عيِّنْ موقعَ مجموعةِ الهيدروكسيل في الكحولِ الظاهرِ في الشكل 9-2ج. تؤدي مجموعةُ الهيدروكسيل إلى جعلِ الكحول جزيئًا قطبيًا. وهكذا تتّصفُ الموادُّ الكحوليةُ ببعضِ الخصائصِ المماثلةِ لخصائصِ الماء، من ضمنِها القدرةُ على تشكيلِ روابطَ هيدروجينية. الكحولُ المبيّنُ في الشكل 9-2ج هوَ الإيثانولُ المتواجدُ في المشروباتِ الكحولية. يتسبّبُ الإيثانول في موتِ خليّةِ الكبدِ والدماغِ لدى الإنسان. أما كحولُ الميثانول، الذي يُدعى كحولَ الخشبِ، فيمكنُهُ التسبّبُ في فقدانِ البصرِ، أو التسبّبُ حتى في الوفاةِ عندَ استهلاكه.

نشاطٌ عمليٌّ سريع

عملٌ إيضاحيٌّ للقطبية

المواد قفّازاتٌ (للاستعمال مرةً واحدة)، معطفُ مختبر، نظّاراتٌ واقية، ثلاثةُ أنابيبِ اختبار، مِتصَبٍ لأنابيبِ اختبار، 6 mL من كلِّ مادةٍ: زيتٍ وإيثانولٍ وماء.

الإجراء



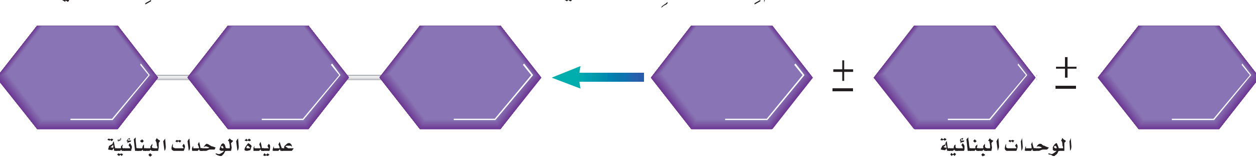
1. ارتدِ معطفَ المختبرِ وضعْ قفازاتٍ ونظاراتٍ واقية.
2. اكتبْ أحرفَ التعريفِ (أ)، (ب)، (ج) على أنابيبِ الاختبار.
3. ضعْ 3 mL منَ الماءِ، و 3 mL منَ الزيتِ، في أنبوبِ الاختبارِ أ.
4. ضعْ 3 mL منَ الزيتِ، و 3 mL منَ الإيثانول، في أنبوبِ الاختبارِ ب.
5. ضعْ 3 mL منَ الإيثانول، و 3 mL منَ الماءِ، في أنبوبِ الاختبارِ ج.
6. أنقرْ بإبهامِكَ والوسطى على كلِّ أنبوبِ اختبارٍ لمزجِ محتوياتِه، ثم اتركْهُ ساكنًا لمدةٍ تراوحُ بينَ عشرِ دقائقَ وخمسَ عشرةَ دقيقة.
7. اكتبْ ملاحظاتِك.

التحليل كيفَ يمكنُ لهذا النشاطِ أن يؤدّيَ إلى أن يكونَ عملاً إيضاحيًا لقطبيةِ الجزيئاتِ التي تحتوي على المجموعةِ الهيدروكسيلية OH-؟

جزيئاتُ الكربونِ الكبيرة

تُبنى الجزيئاتُ، في العديدِ من مركّباتِ الكربون، من جزيئاتٍ أصغرَ وأبسطَ، يُسمّى واحدُها **الوحدةَ البنائيةَ Monomer**. وطبقًا لما تراهُ في الشكل 10-2، يمكنُ للوحداتِ البنائيةِ أن ترتبطَ ببعضِها لتشكِّلَ جزيئاتٍ معقّدةً تُعرف بـ **عديدةِ الوحداتِ البنائيةِ Polymer**. يتألّفُ عديدُ الوحداتِ البنائيةِ من وحداتٍ متكرّرةٍ ومترابطة. يمكنُ للوحداتِ أن تكونَ متطابقةً أو أن تكونَ ذاتَ تركيبٍ قليلِ الاختلاف. والجزيئاتُ عديدةُ الوحداتِ البنائيةِ الكبيرةُ تُسمى **الجزيئاتِ العملاقةَ Macromolecules**. تترابطُ الوحداتُ البنائيةُ لتشكّلَ عديدَ الوحداتِ البنائيةِ خلالَ تفاعلٍ كيميائيٍّ يُعرفُ باسمِ **التفاعلِ التكاثفيِّ Condensation reaction**. في التفاعلِ التكاثفيِّ، المبيَّن

الشكل 10-2
يتكوّنُ عديدُ الوحداتِ البنائيةِ نتيجةً للربطِ بينَ الوحداتِ البنائية. الشكلُ السداسيُّ هوَ نموذجٌ تركيبيٌّ عضويٌّ لجزيءٍ ذي حلقةٍ كربونيةٍ مركزية. تبيّنُ التركيبةُ العضويةُ للجزيءِ ترتيبَ ذرّاتِ الكربونِ في الجزيئاتِ العضوية.



جلوكوز فركتوز سكروز ماء

الشكل 2-11

يؤدّي التفاعلُ التكاثفيُّ لجزيءِ جلوكوز واحد، معْ جزيءِ فركتوز واحد، إلى الحصولِ على السكروز والماء. يتمُّ إنتاجُ جزيءِ ماءٍ واحد كلما قامَ زوجٌ منَ الوحداتِ البنائيةِ بتشكيلِ رابطةٍ تساهمية.

في الشكل 2-11، يتّحدُ جزيئانِ سكّريان، هما الجلوكوزُ Glucose، والفركتوز Fructose ليشكّلا سكّرَ السكروز Sucrose، وهو سكّرُ الطعامِ المعروف. بهذا تصبحُ الوحدتانِ البنائيتانِ السكّريّتانِ مربوطتينِ بجسر C-O-C. لدى تشكيلِ هذا الجسرِ يقومُ جزيءُ الجلوكوزِ بتحريرِ أيونِ الهيدروجين H^+، يقومُ جزيءُ الفركتوزِ بتحريرِ أيونِ الهيدروكسيد OH^-. وبدورهما يتحدُ الأيونانِ OH^- و H^+، فيشكّلانِ جزيءَ ماء H_2O.

وخلالَ عمليةٍ تسمّى **التحلل بالماء Hydrolysis** يحدثُ تفكّكُ بعضِ جزيئاتٍ معقّدةٍ، مثلِ عديدِ الوحداتِ البنائية. التحللُ بالماءِ عمليةٌ معاكسةٌ للتفاعلِ التكاثفيّ. يمكنُ لإضافةِ الماءِ إلى بعضِ الجزيئاتِ المعقّدةِ، من ضمنِها عديداتُ الوحداتِ البنائيةِ، في ظروفٍ معيّنةٍ، أن تحطّمَ الروابطَ التي تشدُّها إلى بعضِها. يمكنُك، في الشكلِ 2-12، رؤيةُ جزيءٍ كبيرٍ وهوَ يتفكّكُ بفعلِ التحللِ بالماء.

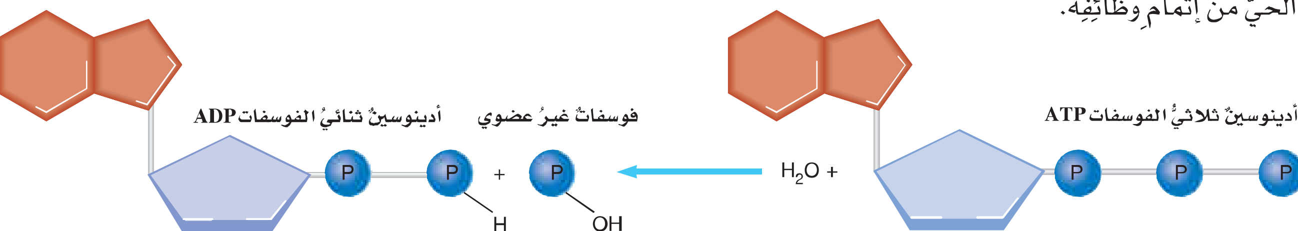
«العملةُ المتداولةُ» للطاقة

تتطلّبُ العملياتُ الحياتيةُ إمدادَ الخلايا بصورةٍ متواصلةٍ بالطاقة. تتوافرُ هذهِ الطاقةُ للخلايا على شكلِ مركّباتٍ معيّنةٍ تحتوي على مقدارٍ كبيرٍ منَ الطاقةِ في مجملِ تركيبِها. **الأدينوسينُ الثلاثيُّ الفوسفاتِ Adenosine triphosphate** هو أحدُ هذهِ المركّباتِ، وهوَ المعروفُ عمومًا بمختصرهِ الرمزيّ ATP.

الشكلُ 2-12 يبيّنُ تركيبَ جزيءِ ATP. لاحظِ المجموعاتِ الفوسفاتيةَ المترابطةَ الثلاثَ $(PO_4)^{-3}$ المتصلةَ إحداها بالأخرى بواسطةِ روابطَ تساهمية. إن الرابطةَ التساهميةَ التي تربطُ المجموعةَ الفوسفاتيةَ الأخيرةَ بباقي الجزيءِ سهلةُ التحطيم. عندما تتحطّمُ هذهِ الرابطةُ، يتمُّ إطلاقُ طاقةٍ أكبرَ مما يلزمُ لتحطيمِ الرابطة. هذا التحويلُ للطاقةِ تستخدمُهُ الخليّةُ لإجراءِ التفاعلاتِ الكيميائيةِ التي تمكّنُ الجسمَ الحيَّ من إتمامِ وظائفِه.

الشكل 2-12

يؤدّي تحللُ ATP بالماءِ إلى انتاجِ الأدينوسينِ الثنائيّ الفوسفات ADP والفوسفات غير العضوي. في التحلّل بالماءِ يرتبطُ أيونُ هيدروجينيٌّ من جزيءِ الماءِ بأحدِ الجزيئاتِ الجديدةِ، كما يرتبطُ أيونُ هيدروكسيديٌّ بالجزيءِ الجديدِ الآخر. تنتجُ معظمُ تفاعلاتِ التحللِ بالماءِ طاقةً حرارية.



مراجعةُ القسمِ 2-3

1. ما المركّبُ العضويّ؟
2. أيُّ خاصةٍ تسمحُ بتواجدِ عددٍ كبيرٍ من أشكالِ مركّباتِ الكربون؟
3. عرّفِ المجموعةَ الوظيفية، وأعطِ مثلاً عليها.
4. كيفَ يتشكّلُ عديدُ الوحداتِ البنائية؟
5. كيفَ يتفكّكُ عديدُ الوحداتِ البنائية؟
6. **تفكيرٌ ناقد** يمكنُ للعلماءِ أن يحدّدوا عمرَ مادةٍ معيّنةٍ باستخدامِ طريقةِ المقارنةِ بينَ كمّياتِ الأشكالِ المختلفةِ لذرّاتِ الكربونِ المتواجدةِ في إحدى المواد. هل هذهِ الطريقةُ تنطبقُ أكثرَ على الاستخدامِ في الموادِّ العضوية، أم على الاستخدامِ في الموادِّ غيرِ العضوية؟

القسم

4-2

النواتجُ التعليمية

▲ يعرِّف أحاديَّ التسكر، وثنائيَّ التسكر، وعديد التسكر. ويناقشُ أهميةَ هذهِ الموادِّ بالنسبةِ للكائناتِ الحيّة.

● يربطُ بينَ تسلسل الأحماضِ الأمينيةِ وتركيبِ البروتينات.

■ يربطُ بينَ تركيبِ الدهونِ ووظائفِها.

◆ يذكُرُ وظيفتينِ أساسيّتينِ للأحماضِ النووية.

جزيئاتُ الحياة

يوجدُ أربعُ فصائلَ رئيسةٍ للمركّباتِ العضويةِ ذاتِ الأهميةِ البالغةِ، في العملياتِ الأحيائيةِ، لجميع الكائناتِ الحيّةِ هيَ: الكربوهيدراتُ، الليبيداتُ، البروتيناتُ، والأحماضُ النووية. وسنرى، بالرُّغمِ من أنَّ هذهِ المركّباتِ مكوّنةٌ منَ الكربونِ والهيدروجينِ والأكسجينِ والنيتروجينِ وعناصرَ أخرى، أنَّ الذرّاتِ تتوافرُ بنسبٍ مختلفةٍ في كلِّ فئةٍ من فئاتِ المركَّبات. وبالرغمِ من أوجهِ الشبهِ بينَها، تتميّزُ هذهِ الفئاتُ بخصائصَ مختلفة.

الكربوهيدرات

الكربوهيدرات Carbohydrates مركّباتٌ عضويةٌ مكوّنةٌ منَ الكربونِ والهيدروجينِ والأكسجين، بنسبةِ ذرّتينِ منَ الهيدروجينِ لكلِّ ذرّةٍ منَ الأكسجين. أما عددُ ذرّاتِ الكربونِ في الكربوهيدراتِ فهوَ متفاوت. الكربوهيدراتُ متوافرةٌ على شكلِ أحادياتِ التسكّر، وثنائياتِ التسكّر، وعديداتِ التسكّر.

أحادياتُ التسكّر

تُدعى الوحدةُ البنائيةُ للكربوهيدراتِ **أحاديَّ التسكّر Monosaccharide**. يحتوي أحاديُّ التسكّرِ أو السكّرُ البسيطُ على الكربونِ والهيدروجينِ والأكسجينِ بهذهِ النسبِ: 1:2:1. أما الصيغةُ العامةُ لأحاديِّ التسكّرِ فهيَ $(CH_2O)_n$ ، حيثُ ترمزُ n إلى رقمٍ من 3 إلى 8. فعلى سبيل المثال، تكون الصيغةُ التركيبيةُ لأحاديِّ التسكّرِ السداسيِّ الكربون $C_6H_{12}O_6$. إنَّ أكثرَ أحادياتِ التسكّرِ شيوعًا هيَ الجلوكوزُ Glucose، والفركتوزُ Fructose، والجلاكتوز Galactose، على نحوِ ما هوَ مبيّنٌ في الشكلِ 2-13. الجلوكوزُ هوَ المصدرُ الرئيسُ للطاقةِ في الخلايا. يتواجدُ الفركتوزُ في الفاكهةِ، وهوَ أكثرُ أحادياتِ التسكّرِ حلاوة. أما الجلاكتوزُ فيوجدُ في الحليبِ، ويتّحدُ عادةً بالجلوكوزِ أو بالفركتوز. لاحظْ، في الشكلِ 2-13، أنَّ للجلوكوزِ، كما للفركتوزِ وللجلاكتوزِ، الصيغةَ الجزيئيةَ $C_6H_{12}O_6$ نفسَها، في حينِ أنَّ تراكيبَها المختلفةَ هيَ التي تحدّدُ الخصائصَ المختلفةَ للمركّباتِ الثلاثةِ هذه. تُدعى المركّباتُ المماثلةُ لهذهِ السكّرياتِ، ذواتِ الصيغةِ الجزيئيةِ الواحدةِ والأشكالِ المختلفة، **إيزوميرات Isomers**.

جلاكتوز — فركتوز — جلوكوز

الشكل 2-13
بالرغمِ من أنَّ لكلٍّ منَ الجلوكوزِ والفركتوزِ والجلاكتوزِ الصيغةَ الجزيئيةَ ذاتَها، فإننا نجدُ أنَّ اختلافاتِها التركيبيةَ تؤدّي إلى تفاوتٍ في خصائصِها.

السكّريات الثنائية والسكريات المتعدِّدة

يمكنُ لسكّرَيْن أحاديّين في الكائناتِ الحيّةِ أن يتّحدا، عبرَ تفاعلٍ تكاثفيٍّ، ليشكّلا **سكّريات ثنائيَّة Disaccharide** . مثلما سبقَ أن رأيتَ في الشكل 2-11، السكروزُ هوَ سكّرُ الطعامِ المعروفُ، المكَوَّنُ منَ الفركتوزِ والكلوكوز. أما السكّريات المتعدّدة، فهي جزيئاتٌ معقّدةٌ يتكونُ كلٌّ منها من ثلاثةِ جزيئاتٍ من السكّريات الأحادية أو أكثر.

تقومُ الحيواناتُ بتخزينِ الكلوكوزِ على شكلِ سكريات متعدّدة هي الكليكوجين Glycogen. يتألفُ الكليكوجينُ من مئاتٍ من جزيئاتِ الكلوكوزِ المتصلةِ ببعضِها على صورةِ سلسلةٍ كثيرةِ التفرُّع. يتمُّ خزنُ قسمٍ كبيرٍ منَ الكلوكوزِ الذي يأتي عن طريقِ الطعامِ، في النهايةِ، في الكبدِ والأعضاءِ على صورةِ كليكوجين. وهوَ جاهزٌ للاستعمالِ لتزويدِ الجسمِ بالطاقةِ السريعة.

في النباتِ، يتمُّ ربطُ جزيئاتِ الكلوكوزِ لتكوِّنَ النشاءَ، وهي **السكّريات المتعدِّدة Polysaccharide**. تتوافرُ جزيئاتُ النشاءِ بشكلينِ أساسيين: شكل السلاسل شديدةِ التفرعِ كما في الكليكوجين، وشكل السلاسل الطويلةِ غيرِ المتفرّعة، التي تلتف على شكل سلكِ الهاتف. ويُصنِّعُ كذلكَ في النباتاتِ سكّريات متعدّدة كبيرةٌ هي السلّيلوز Cellulose. يضفي السلّيلوزُ على خلايا النباتاتِ قوّتَها وصلابتَها، ويكوّنُ حواليَ 50% من مادةِ الخشب. في جزيءٍ واحدٍ منَ السلّيلوز، تترابطُ آلافُ الوحداتِ البنائيةِ منَ الكلوكوزِ على شكلِ سلاسلَ طويلةٍ ومستقيمة. تميلُ هذهِ السلاسلُ إلى تشكيلِ روابطَ هيدروجينية تربطُ بعضَها ببعض. أما التركيبُ الناجمُ عن ذلكَ فهوَ قويٌّ، ويمكنُ تفكيكه بفعلِ التحلُّلِ بالماءِ فقط، في ظلِّ ظروفٍ معيّنة.

البروتينات

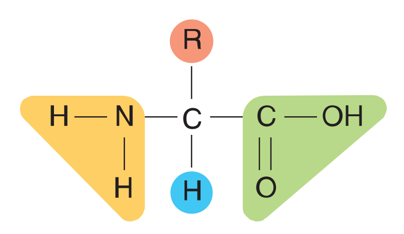
البروتينات Proteins مركّباتٌ عضويةٌ تتألّفُ بشكلٍ رئيسٍ منَ الكربونِ والهيدروجينِ والأكسجينِ والنيتروجين، وبعضُها يحتوي على الكبريتِ والفوسفات. تتشكّلُ البروتيناتُ، على مثالِ الجزيئاتِ العملاقة، من ترابطِ الوحداتِ البنائية. يتكوّنُ الجلدُ، كما العضلاتُ لدى الحيوان، في قسمهِ الأكبر، منَ البروتينات، وكذلك هيَ الحالُ في العديدِ منَ الموادِّ المحفِّزةِ المتواجدةِ في الحيواناتِ والنباتاتِ على السواء.

الأحماضُ الأمينية

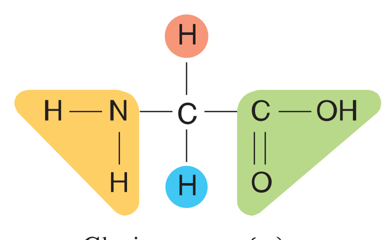
تشتركُ **الأحماضُ الأمينيةُ Amino acids** العشرونَ المختلفةُ، وهيَ الوحداتُ البنائيةُ للبروتيناتِ بصيغتِها العامةِ المبيّنةِ في الشكل 2-14أ، حيثُ نَرى أن كلَّ حمضٍ أمينيٍّ يحتوي على ذرّةِ كربونٍ مركزيةٍ ترتبطُ بواسطةِ أربعِ روابطَ تساهميةٍ بذراتٍ أو بمجموعاتٍ وظيفيةٍ أخرى. ترتبطُ في موقعٍ واحدٍ بذرّةِ هيدروجينٍ منفردةٍ أُبرزتْ باللونِ الأزرقِ في الرسم. وفي موقعٍ ثانٍ ترتبطُ بمجموعةٍ كربوكسيليةٍ Carboxyl group -COOH أُبرزتْ باللونِ الأخضر. وترتبطُ بمجموعةٍ أمينيةٍ

الشكل 2-14

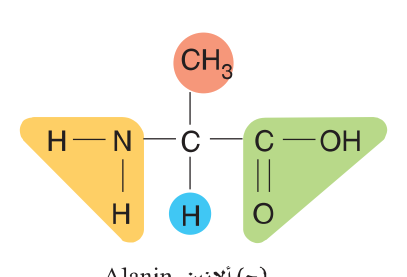
تختلفُ الأحماضُ الأمينيةُ في المجموعةِ R فقطْ (باللونِ الأحمر) الذي تحملُهُ (أ). الجلايسينُ في (ب) يتصفُ بمجموعةِ R استبدلتْ بها H، الأبسطُ من المجموعةِ R الخاصةِ بالألانين التي استبدلت بها CH_3 (ج). يمكنُ للمجموعةِ R أن تكونَ قطبيةً أو لاقطبية. تذوبُ الأحماضُ الأمينيةُ ذاتُ المجموعةِ R القطبيةِ في الماءِ، في حينِ أنَّ الأحماضَ التي تتصفُ بالمجموعاتِ R اللاقطبيةِ لا تذوبُ في الماء.



(أ)الصيغةُ العامةُ للأحماضِ الأمينية



(ب) كلايسين Glycine



(ج) ألانين Alanin

$-NH_2$ في موقع ثالثٍ، أُبرزتْ باللونِ الأصفر. وهناك مجموعةٌ وظيفيةٌ تُدعى المجموعةَ R، مبيّنةٌ باللونِ الأحمرِ، وترتبطُ بالموقعِ الرابع.

أما الفرقُ الأساسيُّ بينَ مختلفِ الأحماضِ الأمينيةِ فهوَ موجودٌ في المجموعاتِ الوظيفيةِ R. يمكنُ للمجموعةِ R أن تكونَ بسيطةً، أي ببساطةِ ذرّةِ هيدروجينٍ وحيدةٍ، كما في الجلايسينِ المبيّنِ في الشكل 2-14ب، ويمكنُ أن تكونَ أكثرَ تعقيدًا، على مثالِ المجموعةِ R المبيّنةِ في الـ ألانينِ الظاهرِ في الشكل 2-14ج. الفروقُ التي بينَ المجموعاتِ R للأحماضِ الأمينية، ينتجُ منها أشكالٌ شديدةُ التفاوتِ في مختلفِ البروتينات. أما الأشكالُ المتنوّعةُ فتسمحُ للبروتيناتِ بتأديةِ وظائفَ مختلفةٍ جدًّا في كيمياءِ الكائناتِ الحيّة.

ثنائياتُ الببتيدِ وعديداتُ الببتيد

يبيّنُ الشكلُ 2-15 ترابطَ حمضينِ أمينيينِ يكوّنانِ **ثنائيَّ الببتيدِ Dipeptide** أثناءَ التفاعلِ التكاثفيّ. يشكّلُ الحمضانِ الأمينيانِ رابطةً تساهميةً تُسمى **رابطةً ببتيدية Peptide bond**. ويحرر جزيئةَ ماء.

الشكلُ 2-15

تنجمُ الرابطةُ الببتيديةُ، التي تربطُ الأحماضَ الأمينيةَ ببعضِها، عن تفاعلٍ تكاثفيٍّ يُنتجُ الماء.

ألانين

جلايسين

$+ H_2O$

يمكنُ ربطُ الأحماضِ الأمينيةِ، ببعضِها، الواحدِ تلوَ الآخرِ، بحيثُ تتكوّنُ منها سلسلةٌ طويلةٌ جدًّا تُسمى **عديدَ الببتيد Polypeptide** . أما البروتيناتُ فهيَ مكوّنةٌ من عديدِ ببتيدٍ واحدٍ أو أكثر. بعضُ البروتيناتِ هيَ جزيئاتٌ كبيرةٌ، تحتوي على مئاتٍ منَ الأحماضِ الأمينية. غالبًا ما تنثني هذهِ البروتيناتُ الطويلةُ وتُطوى على ذاتِها، نتيجةً للتفاعلاتِ الحاصلةِ - على مثالِ الرابطةِ الهيدروجينية - بينَ الأحماضِ الأمينيةِ الإفرادية. ويمكنُ كذلكَ لشكلِ البروتينِ أن يتأثّرَ بالظروفِ، مثلِ درجةِ الحرارةِ أو نوعِ المُذيبِ الذي يكونُ البروتينُ قد أُذيبَ فيه. عندما تَسلُقُ بيضةً، تغيّرُ الحرارةُ شكلَ بروتيناتِ زلالِ البيضِ الذي فيها. فالمادةُ الناتجةُ غيرُ الشفّافةِ الصلبةُ تختلفُ كلَّ الاختلافِ عنِ المادةِ الشفّافةِ المائعةِ التي كانتْ قبلَ السلق.

الأنزيمات

تعملُ الأنزيماتُ، وهيَ جزيئاتٌ عضويةٌ، كموادَّ محفِّزةٍ أساسيةٍ في الأعمالِ الوظيفيةِ لأيِّ خليّة. النسبةُ العظمى منَ الأنزيماتِ هيَ بروتينات.

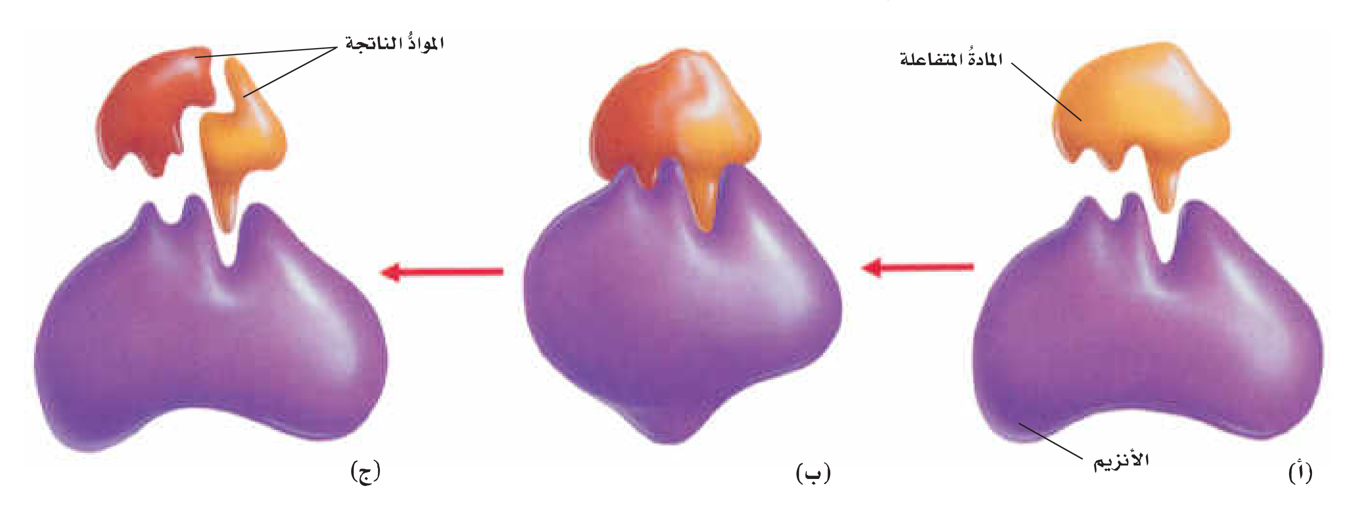
يجسّمُ الشكلُ 2-16 نموذجًا لآليةِ عملِ الأنزيم. تَعتمدُ التفاعلاتُ الأنزيميةُ على التوافقِ في الشكلِ بينَ جزيءِ الأنزيمِ و**المادةِ المتفاعلة Substrate**. لاحظْ، في الشكل 2-16أ، أنَّ للأنزيمِ وللمادةِ المتفاعلةِ شكلينِ يسمحانِ لهما بالتواؤمِ على صورةِ المفتاحِ والقِفل. يؤدّي الربطُ بينَ الأنزيمِ والمادةِ المتفاعلةِ إلى تبدّلٍ ضئيلٍ في شكلِ الأنزيم، وفقَ ما هوَ مبيّنٌ في الشكل 2-16ب. وهذا التبدّلُ في الشكلِ يسمحُ للأنزيمِ بالتوافقِ معَ شكلِ المادةِ المتفاعلةِ، وربما بإضعافِ بعضِ الروابطِ الكيميائيةِ في المادةِ المتفاعلة. وهذا من أساليبِ قيامِ الأنزيماتِ بخفضِ طاقةِ التنشيط.

بعدَ انتهاءِ التفاعلِ، يقومُ الأنزيمُ، كأيِّ مادَّةٍ محفِّزةٍ، بتحريرِ الموادِّ الناتجةِ، على النحوِ الظاهرِ في الشكلِ 2-16ج. فالأنزيمُ بحدِّ ذاتِهِ لا يتغيَّرُ، وبالتالي يمكنُ استخدامُهُ عدةَ مرات.

يمكنُ أن ينقُصَ عملُ الأنزيمِ في حالِ تبديلِ محيطِهِ بصورةٍ منَ الصُّوَر. على سبيلِ المثالِ، من شأنِ التغيّرِ في درجةِ الحرارةِ أوِ الرقمِ الهيدروجينيِّ pH أن يتسبَّبا في تبدّلٍ معيّنٍ لشكلِ الأنزيمِ أوِ المادةِ التي يتفاعَلُ معها. في حالِ حدوثِ ذلك لا يعودُ منَ الممكنِ أن يتحقّقَ التفاعلُ الذي كانَ يمكنُ للأنزيمِ أن يحفّزَه.

الشكل 2-16

(أ) في نموذجِ القفلِ والمفتاحِ لآليةِ عملِ الأنزيمِ، يمكنُ للأنزيمِ أن يرتبطَ فقطْ بالمادةِ المتفاعلةِ ذاتِ الشكلِ المحدّدِ الذي يجري تحفيزُه. (ب) بعدئذ يتغيرُ شكلُ الأنزيمِ ليطابقَ شكلَ المادةِ المتفاعلة. (ج) لا يتغيّرُ الأنزيمُ خلالَ التفاعلِ الذي يشاركُ فيه، بل يتمُّ تحريرُهُ لاستخدامِهِ من جديد.



الدهون

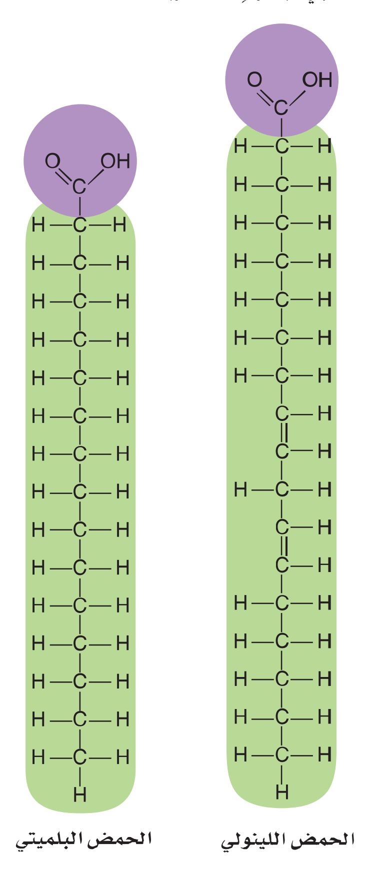
الدهونُ Lipids، جزيئاتٌ عضويةٌ لاقطبيةٌ كبيرةٌ، لا تذوبُ في الماء. في الجزيئاتِ الدهنيةِ تكونُ نسبةُ ذرّاتِ الكربونِ والهيدروجينِ أعلى من نسبةِ ذرّاتِ الأكسجينِ بالمقارنةِ مع ما يحتوي عليهِ الكربوهيدرات. تخزّنُ الدهونُ الطاقة بصورةٍ فعّالةٍ. فالجزيئاتُ الدهنيةُ تتّصفُ بأعدادٍ كبيرةٍ منَ الروابطِ الكربونيةِ – الهيدروجينيةِ التي تخزّنُ منَ الطاقةِ أكثرَ مما تخزّنُهُ الروابطُ الكربونيةُ – الأكسجينيةُ الشائعةُ في مُركّباتٍ عضويةٍ أخرى.

الأحماضُ الدهنية

الأحماضُ الدهنيةُ Fatty acids سلاسلُ كربونيةٌ غيرُ متفرّعةٍ تتكوّنُ منها معظَمُ الدهون. يبيّنُ نموذجُ الشكلِ 2-17 أنَّ الحمضَ الدهنيَّ يحتوي على سلسلةٍ طويلةٍ ومستقيمةٍ منَ الكربونِ (من 12 إلى 28 كربونًا)، إضافةً إلى مجموعةٍ كربوكسيلٍ COOH- متّصلةٍ بطرفٍ واحد.

لطرفَيْ جزيءِ الحمضِ الدهنيِّ خصائصُ مختلفة. فالطرفُ الكربوكسيليُّ لجزيءِ الحمضِ الدهنيِّ قطبيٌّ، لذلكَ ينجذبُ إلى جزيئاتِ الماء. بحكمِ هذا الانجذابِ، يتّصفُ الطرفُ الكربوكسيليُّ لجزيءِ الحمضِ الدهنيِّ بأنَّهُ **محبٌّ للماء Hydrophilic**. في المقابلِ، الطرفُ الكربوهيدراتي لجزيءِ الحمضِ الدهنيِّ لاقطبيّ. وهوَ بالتالي يميلُ إلى عدمِ التفاعلِ معَ جزيئاتِ الماءِ، واسمُهُ **كارهٌ للماء Hydrophobic**.

في الأحماضِ الدهنيةِ المشبعةِ Saturated fatty acids، على مثالِ الحمضِ البلميتيِّ Palmitic acid، المبيَّنِ في الشكلِ 2-17 ، ترتبطُ كلُّ ذرّةِ كربونٍ، بواسطةِ روابطَ تساهميةٍ بذرّاتٍ أربع. فذرّاتُ الكربونِ هيَ في الواقعِ ملأى أو مشبعة. في المقابلِ، يمكنُكَ أن ترى، من خلالِ الصيغةِ التركيبيةِ لجزيءِ الحمضِ اللينوليِّ Linoleic المبيّنِ في الشكلِ 2-17، أنَّ ذرّاتِ الكربونِ غيرُ مرتبطةٍ بالعددِ الأقصى منَ الذرّاتِ التي يمكنُها الترابطُ معها، بل شكّلتْ، عوضَ ذلكَ، روابطَ مزدوجةً ضمنَ السلسلةِ الكربونية. هذا النوعُ يُسمّى الحمضَ الدهنيَّ غيرَ المشبع Unsaturated fatty acid.



الشكل 2-17
للأحماضِ الدهنيةِ رأسٌ كربوكسيليٌّ قطبيٌّ (باللونِ البنفسجي)، وذَنَبٌ كربوهيدراتي لاقطبيّ (باللونِ الأخضر).

الدهونُ المعقَّدة

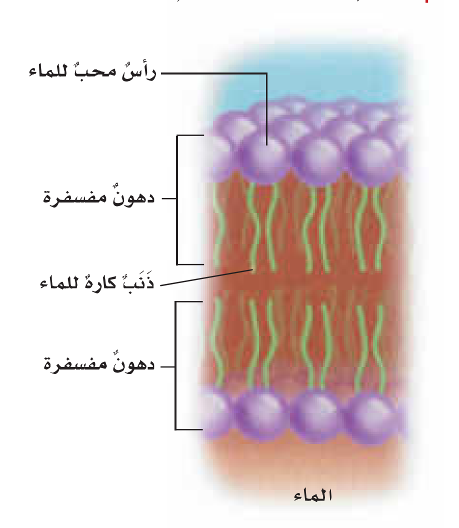
تُقسمُ الدهونُ وفقًا لتركيبِها إلى ثلاثِ فئاتٍ مهمةٍ بالنسبةِ للأجسامِ الحيّةِ، وهي مكوّنةٌ من أحماضٍ دهنية. هذهِ الفئاتُ هيَ الكليسريداتُ الثلاثيةُ، والدهونُ المفسفرةُ والموادُّ الشمعية.

الكليسريدُ الثلاثيُّ Triglyceride يتكوّنُ من ثلاثةِ جزيئاتٍ منَ الحمضِ الدهنيِّ متّصلةٍ بجزيءٍ واحدٍ من كحولِ الجليسرول. تتكوّنُ الكليسريداتُ الثلاثيةُ المشبعةُ من أحماضٍ دهنيةٍ مشبعة. وهيَ تميلُ إلى أن تكونَ صُلبةً عندَ درجةِ الحرارةِ الاعتيادية. تتضمّنُ الكليسريداتُ الثلاثيةُ المشبعةُ، الخاصةُ بالاستهلاكِ اليوميِّ للطعامِ، أسماناً ودهونًا حيوانية. في المقابلِ، تتكوّنُ الكليسريداتُ الثلاثيةُ غيرُ المشبعةِ من أحماضٍ دهنيةٍ غيرِ مشبعة، وتكونُ في العادةِ سائلةً عندَ درجةِ الحرارةِ المحيطةِ الاعتيادية. توجدُ الكليسريداتُ الثلاثيةُ غيرُ المشبعةِ، بصورةٍ رئيسةٍ في حبوبِ النباتِ وفي الثمار.

الدهونُ المفسفرةُ Phospholipids تتضمَّنُ ، بدلاً من ثلاثةِ أحماضٍ، حمضينِ دُهنيَّينِ متّصلَيْنِ بجزيءٍ واحدٍ من الكليسرول. يتكوّنُ الغشاءُ الخلويُّ، على النحوِ المبيَّنِ في الشكلِ 2-18، من طبقتينِ من الدهونِ المفسفرةِ، يشارُ إليهما باسمِ الطبقةِ المزدوجةِ من الدهون. وعدمُ قابليةِ الدهونِ للذوبانِ في الماءِ، تمكّنُ الغشاءَ الخلويَّ من أن يشكّلَ حاجزًا مستقرًّا وفعّالاً بينَ داخلِ الخليّةِ وخارجِها.

الشمعُ Wax هوَ نوعٌ منَ الدهونِ التركيبية. يتألّفُ جزيءُ الشمعِ من سلسلةٍ طويلةٍ منَ الحمضِ الدهنيِّ متصلةٍ بسلسلةٍ كحوليةٍ طويلة. الموادُّ الشمعيةُ مضادةٌ للماءِ بصورةٍ شديدةٍ، وهيَ تكوّنُ في النباتاتِ غلافًا واقيًا لأسطحِها الخارجية. كذلكَ تشكّلُ الموادُّ الشمعيةُ طبقاتٍ واقيةً لدى الحيوانات. فعلى سبيلِ المثالِ، تساعدُ المادةُ الشمعيةُ

الشكل 2-18
إنَّ طبقةَ الدهونِ المزدوجةَ للغشاءِ الخلويِّ مكوّنةٌ من صفَّيْنِ متقابلينِ منَ الدهونِ المفسفرةِ المنسّقة، أذنابُهما الكارهةُ للماءِ تواجهُ بعضَها.



للأذن في منعِ الكائناتِ الدقيقةِ من دخولِ القناة السمعيّة.

الستيرويدات

بخلافِ معظمِ الدهون الأخرى التي تتكوّنُ منَ الأحماضِ الدهنيةِ، تتألّفُ الجزيئاتُ **الستيرويديةُ Steroids** من أربعِ حلقاتٍ كربونيّةٍ ملتحمةٍ، إضافةً إلى مجموعاتٍ وظيفيةٍ كيميائيةٍ متنوّعةٍ متّصلةٍ بها. العديدُ منَ الهورموناتِ الحيوانيةِ، كهرمون التستوستيرون Testosterone الذكريّ، هيَ مركّباتٌ ستيرويديَّة. الكولسترولُ Cholesterol هوَ من أكثرِ الستيرويداتِ شيوعًا لدى الناس. يحتاجُ الجسمُ إلى الكولسترول، في الخلايا العصبيةِ وفي خلايا أخرى، كي تعملَ بصورةٍ طبيعية. وكذلك تعتبر أحد مكونات الغشاء الخلوي.

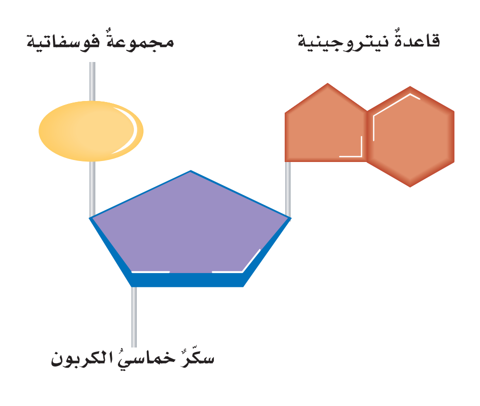
الأحماضُ النووية

الأحماضُ النوويةُ Nucleic acids جزيئاتٌ عضويةٌ معقّدةٌ بدرجةٍ كبيرةٍ جدًّا، تخزّنُ معلوماتٍ كثيرةً في الخليّة. وبمثل ما يقومُ بهِ الحاسوبُ الإلكترونيُّ من استخدامِ نظامٍ رقميٍّ ثنائيٍّ منَ الأصفارِ والآحادِ لخزنِ المعلوماتِ، تَستخدِمُ الأحماضُ النوويةُ نظامًا من أربعةِ مركّباتٍ لخزنِ المعلوماتِ الوراثية. هناكَ تسلسلٌ لأربعةِ مركّباتٍ، منسّقةٍ وفقَ ترتيبٍ معيَّنٍ، يقومُ مقامَ نظامِ ترميزٍ (شيفرة) للتعليماتِ الوراثيةِ في الخليّة.

يحتوي **الحمضُ النوويُّ منقوصُ الأكسجين**، أو **DNA**، على معلوماتٍ أساسيةٍ بالنسبةِ لكافةِ أنشطةِ الخليّةِ تقريبًا، ومن ضمنِها انقسامُ الخليّة. يقومُ **الحمضُ النوويُّ الرايبوزي RNA** بخزنِ ونقلِ المعلوماتِ الأساسيةِ المرتبطةِ بصنعِ البروتينات. كلا الحمضَين، DNA و RNA، هما من عديداتِ الوحداتِ البنائيةِ، ويتألّفانِ منَ آلافٍ منَ الوحداتِ البنائيةِ المترابطةِ والمسمّاةِ **نيوكليوتيدات Nucleotides**. يتكوّنُ كل نيوكليوتيدٍ، كما هوَ مبيَّنٌ في الشكل 2-19، من ثلاثةِ مكوّناتٍ رئيسةٍ: مجموعةٍ فوسفاتية، وسكّرٍ خماسيِّ الكربون، وقاعدةٍ نيتروجينيةٍ حلقية. وستتعلّمُ المزيدَ حولَ هذهِ المركّباتِ المهمةِ، لاحقًا.

الشكلُ 2-19

يتألّفُ النيوكليوتيدُ من مجموعةٍ فوسفاتيةٍ، وسكّرٍ خماسيِّ الكربونِ، وقاعدةٍ نيتروجينيةٍ حلَقيةِ الشكل. الـ DNA والـ RNA جزيئاتٌ كبيرةٌ جدًا، تتألّفُ من آلافٍ منَ النيوكليوتيداتِ المتصلةِ بعضُها ببعضٍ على صورةِ سلسلة.



مراجعةُ القسمِ 2-4

1. عرِّف أحاديَّ التسكّرِ، والسكّرياتِ الثنائيةِ والسكرياتِ المتعدّدة.
2. صفْ تركيبَ الأحماضِ الأمينيةِ والبروتينات.
3. اشرحِ العلاقةَ بينَ الأنزيمِ والمادةِ المتفاعلة.
4. كيف يختلفُ طرفا الحمضِ الدهنيِّ، أحدُهما عنِ الآخر؟
5. سمِّ نوعينِ منَ الأحماضِ النوويةِ، وصِفْ وظائفَهما.
6. **تفكيرٌ ناقد** يمكنُ لدرجاتِ الحرارةِ المرتفعةِ أن تُضعِفَ الروابطَ بينَ الأجزاءِ المختلفةِ لجزيءٍ بروتينيٍّ، مما يبدِّلُ شكلَ هذا الجزيء. كيفَ يمكنُ لهذا التغييرِ أن يؤثِّرَ على فاعليةِ أنزيمٍ معيَّن؟

قـــراءاتٌ علـمـيـــة

تركيبُ الأنسولين

لأنسولينُ هرمونٌ تفرزهُ الخلايا داخلَ البنكرياس. وهوَ أساسيٌّ في تنظيمِ أيضِ الكربوهيدراتِ والدهنياتِ في الجسم. إنَّ الأفرادَ الذينَ يشكونَ من مرضِ البولِ السكّريِّ لا ينتجونَ ما يكفي منَ الأنسولين. يتوجّبُ على بعضِ مرضى السكّريِّ أن يخضعوا لحقناتِ الأنسولين للحفاظِ على أيضٍ طبيعيّ.

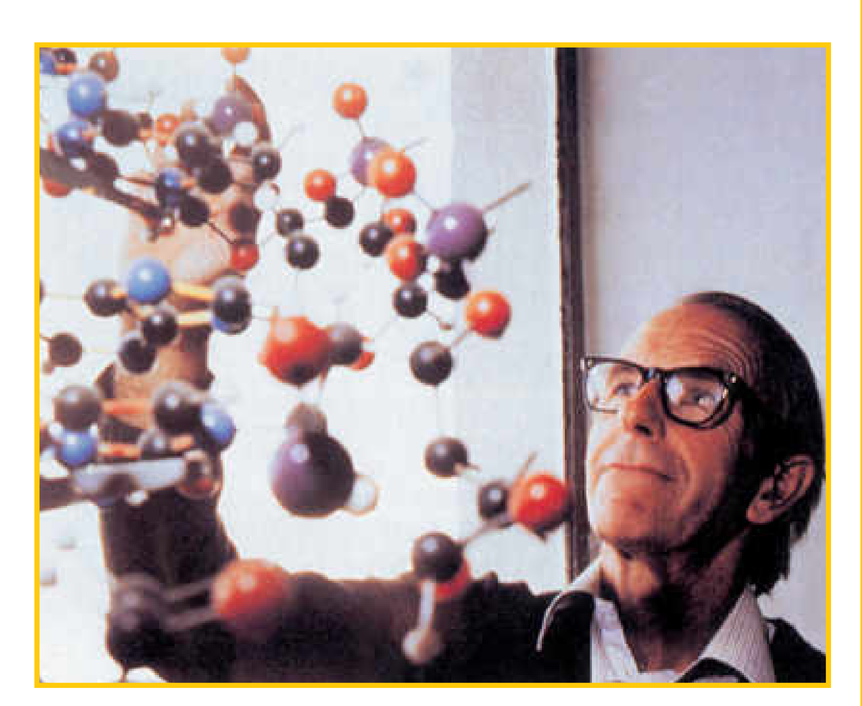
في العام 1943 قرّرَ عالِمُ الكيمياءِ الحياتيةِ البريطانيُّ «فريدريك سانغر» تحليلَ جزيءِ الأنسولين. كان مهتمًّا بالبروتينات، فاختارَ الأنسولينَ كموضوعٍ لبحثِهِ، ولسببٍ رئيسٍ أيضًا، وفقَ ما صرَّحَ به، هوَ «أنه كانَ البروتينَ الوحيدَ الذي يمكنُكَ شراؤُهُ نقيًّا». كان سانغرُ على علمٍ بأنَّ فهمَ تركيبِ الأنسولينِ يمكنُ أن تكونَ لهُ دلالاتٌ بالغةُ الأهميةِ في ممارسةِ الطب. فقضى السنواتِ الاثنتيْ عشرةَ اللاحقةَ في دراسةِ الأنسولين.

وكانَ علماءُ الكيمياءِ الحياتيةِ يعلمونَ أنَّ البروتيناتِ مكوّنةٌ من عشرينَ منَ الأحماضِ الأمينيةِ المختلفةِ المربوطةِ ببعضِها لتؤلّفَ سلاسل. كذلكَ كانوا يعرفونَ كيفيةَ حساب نسبةِ كلِّ حمضٍ أمينيٍّ في بروتينٍ معيّن. إلاّ أنَّ ما كانوا يجهلونَهُ هوَ ترتيبُ ترابطِ الأحماضِ الأمينيةِ فيما بينَها ضمنَ بروتينٍ محدَّد. كانوا على حقٍّ في اعتقادِهِمْ بأنَّ تسلسلَ الأحماضِ الأمينيةِ في بروتينٍ معيّنٍ، هوَ ذو أهميةٍ بالغةٍ بالنسبةِ لوظيفةِ هذا البروتين. وكانَ هدفُ سانغر تحديدَ تسلسلِ الأحماضِ الأمينيةِ في الأنسولين. ولتحقيقِ هذا الهدفِ، كانَ عليهِ أن يطوّرَ تقنياتٍ مختبريةً جديدة.

انطلقَ سانغر من استراتيجيةٍ معهودةٍ لدى الكيميائيينَ، ففكّكَ جزيءَ الأنسولينِ إلى أجزاء. وبعدَ أن قطّعَ سلاسلَ الأحماضِ الأمينيةِ إلى أجزاءٍ قصيرةٍ، توصّلَ إلى فهمِ كيفيةِ مواءمتِها. ومن خلالِ الجهدِ الذي بذلهُ، طلبًا لتحديدِ تركيبِ الأنسولين، ابتكرَ طريقةً جديدةً في تحديدِ أطرافِ جزءٍ بروتينيٍّ محدَّد.

عَلِمَ سانغر أنَّ الأنسولينَ يتكوّنُ من سلسلتينِ متصلتينِ، تحتوي إحداهُما على 30 حمضًا أمينيًا، وثانيتُهُما على 21. وبحثَ عن أجزاءٍ ذاتِ تسلسلٍ متكرّرٍ للأحماضِ الأمينية. فساعدهُ بحثُهُ في اكتشافِ كيفيةِ تركيبِ كلِّ سلسلةٍ منَ السلسلتين. في حدودِ العامِ 1952، كانَ قد أصبحَ عارفًا بتسلسلاتِ الأحماضِ الأمينيةِ في السلسلتين. غيرَ أنَّهُ كانَ لا يزالُ يحتاجُ إلى فهمِ كيفيةِ ارتباطِ السلسلتينِ بحيثُ تشكّلانِ جزيءَ أنسولينٍ واحدًا. وبعدَ ذلكَ بثلاثِ سنواتٍ، حقّقَ سانغر هدفَهُ في التعرّفِ إلى تركيبِ جزيءِ الأنسولين.

أعمالُ سانغر على الأنسولينِ وضعتْهُ في طليعةِ الباحثينَ في هذا الحقل، وحازَ عامَ 1958 جائزةَ نوبل في الكيمياء. ومنْ خلالِ اكتشافِهِ أنَّ كلَّ بروتينٍ يتّصفُ بتركيبٍ فريدٍ، وبالتالي بتسلسلٍ فريدٍ منَ الأحماضِ الأمينيةِ، مهّدَ الطريقَ لتطويرِ تقنيةٍ مكّنتْ من إنتاجِ الأنسولينِ في المختبر. وعامَ 1980، حازَ جائزةَ نوبل ثانيةً في الكيمياءِ لأعمالِهِ في تطويرِ تقنياتٍ تحدِّدُ تسلسلَ النيوكليوتيداتِ في جزيئاتِ الـ DNA والـRNA. «فريدريك سانغر» هوَ واحدٌ من أربعةِ أشخاصٍ فقط حازوا جائزةَ نوبل مرتين. كانَ فريدريك سانغر أولَ عالمٍ يحدِّدُ تسلسلَ الأحماضِ الأمينيةِ في البروتين.



مراجعة الفصل 2

ملخص / مفردات

1-2

- إنَّ التفاعلاتِ الكيميائيةَ المنتجةَ للطاقةِ تُسمى تفاعلاتٍ طاردةً للطاقة.
- إنَّ التفاعلاتِ الكيميائيةَ التي تَستخدمُ الطاقةَ تُسمّى تفاعلاتٍ ماصّةً للطاقة.
- إنَّ طاقةَ التنشيطِ هيَ مقدارُ الطاقةِ المطلوبةِ لانطلاقِ التفاعلِ الكيميائي.
- تقومُ الموادُّ المحفِّزةُ بخفضِ مقدارِ طاقةِ التنشيطِ اللازمةِ لانطلاقِ التفاعل.
- إنَّ التفاعلَ الكيميائيَّ الذي يتمُّ فيهِ تبادُلُ الإلكتروناتِ بينَ الذرّاتِ يُدعى تفاعلَ أكسدةٍ واختزال، أو تفاعلَ Redox .
- يراوحُ مقياسُ الرقمِ الهيدروجينيِّ بينَ صفرٍ و14، حيثُ يكونُ الرقمُ صفرٌ بمثابةِ الأكثرِ حمضيةً، ويكونُ الرقمُ 7 معادلاً، ويكونُ الرقمُ 14 الأكثرَ قلويةً.
- المحاليلُ المنظِّمةُ للرقمِ الهيدروجينيِّ هيَ موادُّ كيميائيةٌ تقومُ بتحقيقِ المعادلةِ إثرَ إضافةِ مقاديرَ صغيرةٍ منَ الحمضِ أو منَ القلويةِ إلى محلولٍ معيَّن.

مفردات

- الأنزيم (28) Enzyme
- أيونُ الهيدرونيوم (27) Hydronium ion
- أيونُ الهيدروكسيد (27) Hydroxide ion
- تفاعلُ الأكسدة (26) Oxidation reaction
- تفاعلُ الأكسدةِ والاختزال (26) Redox reaction
- تفاعلُ الاختزال (26) Reduction reaction
- التفاعلُ الطاردُ للطاقة (26) Exergonic reaction
- التفاعلُ الماصُ للطاقة (27) Endergonic reaction
- الحمض (27) Acid
- درجةُ التركيز (27) Concentration
- الطاقة (27) Energy
- طاقةُ التنشيط (28) Activation energy
- الطاقةُ الحرّة (27) Free energy
- مادةٌ قلوية (27) Alkaline or base
- المادةُ المتفاعلة (25) Reactant
- المادّةُ المحفّزة (28) Catalyst
- المادةُ الناتجة (25) Product
- المحلولُ المنظّم (للرقم الهيدروجيني) (27) Buffer
- مقياسُ الرقمُ الهيدروجيني (27) pH scale

2-2

- الماءُ جزيءٌ قطبيٌ. وهوَ بحكمِ طبيعتِهِ القطبيةِ، فعّالٌ في إذابةِ غيرِهِ منَ الموادِّ، وتشكيلِ المحاليل.
- الرابطةُ الهيدروجينيةُ مسؤولةٌ عنِ التماسكِ والخاصيةِ الشَّعريةِ اللذينِ تبديهما جزيئاتُ الماء.
- يمكنُ للماءِ أن يمتصَّ مقدارًا كبيرًا منَ الطاقةِ الحراريةِ قبلَ أنْ تبدأَ درجةُ حرارتِهِ بالارتفاع.

مفردات

- التلاصق (29) Adhesion
- التماسك (29) Cohesion
- الخاصيةُ الشعرية (30) Capillarity
- الرابطةُ الهيدروجينية (29) Hydrogen bond
- قطبي (29) Polar

3-2

- يحتوي المركَّبُ العضويُّ على كربونٍ يرتبطُ تساهميًّا بذرّاتِ كربونٍ أخرى، وغالبًا بذرّاتِ عناصرَ أخرى في آنٍ، من ضمنِها الأكسجينُ والهيدروجينُ والنيتروجين.
- تشكِّلُ ذرّةُ الكربونِ أربعةَ روابطَ تساهميةٍ معَ ذرّاتٍ أخرى. يمكنُ لذرّاتِ الكربونِ أن تترابطَ ببعضِها كي تشكِّلَ سلاسلَ مستقيمةً، أو سلاسلَ متفرِّعةً أو حلقات.
- الجزيئاتُ البسيطةُ التي تُعرفُ بالوحداتِ البنائيةِ، تترابطُ الواحدةُ بالأخرى أثناءَ تفاعلِ التكاثفِ كي تشكِّلَ جزيئاتٍ معقّدةً تُدعى عديداتِ الوحداتِ البنائية. تتّصلُ الوحداتُ البنائيةُ ببعضِها لتكوّنَ عديداتِ الوحداتِ البنائية. تتفكَّكُ عديداتُ الوحداتِ البنائيةِ فتنتجُ الوحداتِ البنائيةَ، خلالَ التحلُّلِ بالماء.
- الكحولُ مركَّبٌ عضويٌّ يحتوي على مجموعةٍ هيدروكسيلية OH^- ، تتّصلُ بإحدى ذرّاتِ الكربونِ العائدةِ له.
- يقومُ الأدينوسينُ ثلاثيُّ الفوسفاتِ ATP بتوفيرِ الطاقةِ للخليّة.

مفردات

- الأدينوسين ثلاثيُّ الفوسفات (33) Adenosine triphosphate (ATP)
- التحللُ بالماء (33) Hydrolysis
- التفاعلُ التكاثفي (32) Condensation reaction
- الجزيءُ العملاق (32) Macromolecule
- عديدُ الوحداتِ البنائية (32) Polymer
- المجموعةُ الوظيفية (32) Functional group
- المركَّبُ العضوي (31) Organic compound
- الوحدةُ البنائية (32) Monomer

4-2

- الكربوهيدراتُ مركّبٌ عضويٌّ مكوَّنٌ من ذرّاتِ الكربونِ والهيدروجينِ والأكسجينِ بنسبةٍ تقاربُ ذرّتَيْ هيدروجينٍ لذرّةِ أكسجينٍ واحدة. تُسمّى الوحدةُ البنائيةُ للكربوهيدرات أحاديَّ التسكّر.
- السكّرُ المزدوجُ يُدعى ثنائيَّ التسكّر. والسكّرُ المعقّدُ المكوّنُ من العديدِ منَ السكّرياتِ الأحاديةِ يُسمّى عديدَ التسكُّر.
- البروتينُ جزيءٌ عضويٌّ مكوَّنٌ من أحماضٍ أمينية. يتألّفُ الحمضُ الأمينيُّ من ذرّةِ كربونٍ مركزيةٍ تتعلّقُ بها أربعُ مجموعاتٍ كيميائيةٍ وظيفية.
- الأحماضُ الأمينيةُ تتّصلُ بواسطةِ روابطَ ببتيدية. والسلسلةُ الطويلةُ من الأحماضِ الأمينيةِ تُسمّى عديدَ الببتيد.
- الأنزيماتُ موادُّ محفِّزةٌ تعملُ في الكائناتِ الحيّة. يمكنُ تفسيرُ آليةِ عملِ الأنزيمِ من خلالِ نموذجِ القفلِ والمفتاح. معظمُ الأنزيماتِ منَ البروتينات.
- معظَمُ الدهونِ تحتوي على أحماضٍ دهنيةٍ هيَ جزيئاتٌ عضويةٌ ذاتُ طرفٍ محبٍّ للماءِ وطرفٍ كارهٍ للماء.
- للدهونِ غيرِ المشبعةِ زوجٌ أو أكثرُ من ذرّاتِ الكربونِ المتصلةِ بواسطةِ روابطَ مزدوجة. الدهونُ المشبعةُ لا توجدُ بينَ ذرّاتِ الكربونِ التي لديها أيُّ روابطَ مزدوجة.
- الدهونُ تخزّنُ طاقةً تفوقُ الطاقةَ التي تخزّنُها الجزيئاتُ العضويةُ الأخرى.
- الأحماضُ النوويةُ جزيئاتٌ عضويةٌ تخزّنُ المعلوماتِ الوراثيةَ في الخليّة.

مفردات

- **أحاديُّ التسكّر** (34) Monosaccharide
- **الإيزومر** (34) Isomer
- **البروتين** (35) Protein
- **ثنائيُّ الببتيد** (36) Dipeptide
- **ثنائيُّ التسكّر** (35) Disaccharide
- **الجليسريدُ الثلاثي** (38) Triglyceride
- **الحمضُ الأمينيُّ** (35) Amino acid
- **الحمضُ الدهنيُّ** (37) Fatty acid
- **الحمضُ النوويُّ** (39) Nucleic acid
- **الحمضُ النوويُّ الرايبوزي** (39) Ribonucleic acid (RNA)
- **الحمضُ النوويُّ منقوصُ الأكسجين** (39) Deoxyribonucleic acid DNA
- **الدهن** (37) Lipid
- **الدهنُ المفسفر** (38) Phospholipid
- **الرابطة الببتيدية** (36) Peptide bond
- **الستيرويد** (39) Steroid
- **الشمع** (38) Wax
- **عديدُ الببتيد** (36) Polypeptide
- **عديدُ التسكّر** (35) Polysaccharide
- **كارهٌ للماء** (38) Hydrophobic
- **الكربوهيدرات** (34) Carbohydrate
- **المادةُ المتفاعلة بالأنزيم** (36) Substrate
- **محبٌّ للماء** (38) Hydrophilic
- **النيوكليوتيد** (39) Nucleotide

مراجعة

مفردات

1. حدِّدِ التفاعلَ الذي يُنتِجُ الطاقةَ الحرّة.
2. كيفَ ترتبطُ عملياتُ الأكسدةِ والاختزالِ ببعضِها؟
3. اشرحِ العلاقةَ بينَ الأحماضِ الأمينيةِ والروابطِ الببتيديةِ والبروتينات.
4. ما العلاقةُ بينَ تركيبِ أحاديِّ التسكُّرِ وثنائيِّ التسكُّرِ وعديدِ التسكُّر؟
5. إشرحِ العلاقةَ بينَ عديدِ الببتيدِ والرابطةِ الببتيدية.
6. ما الفرقُ بينَ مادةٍ محبةٍ للماءِ ومادةٍ كارهةٍ للماء ؟

اختيارٌ من متعدد

7. إنَّ مقدارَ الطاقةِ اللازمَ لانطلاقِ تفاعلٍ كيميائيٍّ يُسمى (أ) طاقةَ التفاعلِ (ب) الطاقةَ الميكانيكية (ج) الطاقةَ الكهربائية (د) طاقةَ التنشيط.
8. يُساعِدُ الماءُ في الحفاظِ على درجةِ حرارةِ الأجسامِ الحيّةِ (أ) مرتفعةً (ب) متدنيةً (ج) دونَ درجةِ التجمد (د) مستقرة.
9. إنَّ العنصرَ الذي يرتبطُ بنفسِهِ، بحيثُ يشكِّلُ سلاسلَ طويلةً وحلقاتٍ هوَ (أ) الهيدروجين (ب) النيتروجين (ج) الكربون (د) الأكسجين.
10. تقومُ النباتاتُ بخزنِ الجلوكوزِ في (أ) عديدِ تسكُّرٍ يُسمى النشاء (ب) بروتيناتٍ طويلة (ج) جزيئاتٍ دهنيةٍ معقّدةٍ تُسمى جليسريداتٍ ثلاثية، (د) جزيئاتٍ سكّريةٍ بسيطة.
11. الجزيءُ التركيبيُّ الشديدُ الصلابةِ في النباتاتِ، الذي يتشكَّلُ من خلالِ الروابطِ الهيدروجينيةِ بينَ سلاسلِ جزيئاتِ الجلوكوزِ هوَ (أ) النشاء (ب) الشمع (ج) السلّيلوز (د) الجليكوجين.
12. عندما يرتبطُ حمضانِ أمينيانِ الواحدُ بالآخرِ (أ) تقومُ المادةُ الناجمةُ عن ذلكَ بكسبِ الماء (ب) يحدُثُ تحللٌ بالماء (ج) يتكوّنُ ثنائيُّ ببتيدٍ أثناءَ تفاعلٍ تكاثفي (د) يتشكّلُ جليسريدٌ ثلاثي.
13. تتميزُ الدهونُ من جزيئاتٍ عضويةٍ أخرى بكونِها (أ) تحتوي على الكربونِ والهيدروجينِ والأكسجينِ بنسبِ 1:2:1، (ب) لا تذوبُ في الماء (ج) تذوبُ بسهولةٍ في الماء (د) تخلو جزيئاتُها من سلاسلِ الكربون .
14. تختلفُ الستيرويداتُ عن عديداتِ الوحداتِ البنائيةِ للدهونِ

الأخرى بكونها (أ) لا تتواجدُ في موادَّ متنوّعة (ب) غيرَ محبةٍ للماء، (ج) غيرَ كارهةٍ للماء (د) غيرَ مؤلَّفةٍ من وحداتٍ بنائيةٍ حمضيةٍ دهنية.

15. معظمُ الأنزيماتِ هيَ (أ) دهون، (ب) دهونٌ مفسفرة (ج) بروتينات (د) كربوهيدرات.

16. المركّبُ الذي يخزّنُ المعلوماتِ الوراثيةَ هوَ (أ) ATP (ب) الكحول (ج) DNA (د) البروتين.

إجابةٌ قصيرة

17. استخدم مقاييسَ الرقمِ الهيدروجينيِّ المبيَّن أدناهُ للإجابةِ عن الأسئلةِ التالية:

أ . ما السائلُ الأكثرُ حمضيةً في الجسمِ؟

ب . ما السائلُ الأكثرُ قلويةً في الجسمِ؟

ج . ما السائلُ الأقربُ إلى المحلولِ المعادلِ في الجسمِ؟

د . ما السائلُ الأكثرُ حمضيةً أوِ الأكثرُ قلويةً في الجسمِ، أو أيُّ سائلٍ في الجسمِ يتّصِفُ بأكبرِ درجةٍ منَ الابتعادِ عن الرقمِ الهيدروجينيِّ المعادلِ؟

18. ما معنى السهمِ الثنائيِّ الاتجاهِ في التفاعلِ الكيميائي؟



19. الكثيرُ منَ التفاعلاتِ في الخليّةِ هي طاردةٌ للطاقةِ، لماذا إذن تحتاجُ الخلايا إلى إمدادٍ مستمرٍّ بالطاقة؟

20. ما عملُ المحلولِ المنظِّمِ للرقمِ الهيدروجيني؟

21. ما الإيزوميرات؟

22. قارنْ بينَ التفاعلِ التكاثفيِّ وتفاعلِ التحلُّلِ بالماء.

23. استخدمْ رسمًا تخطيطيًا لإظهارِ آليةِ عملِ الأنزيمات.

24. قارنْ بينَ تركيبِ الجليسريداتِ الثلاثية، والدهونِ المفسفرةِ والستيرويدات، أيُّ نوعٍ من الدهونِ يختلفُ تركيبيًّا عنِ النوعينِ الآخرين؟

25. ما الدورُ الذي يؤدّيهِ المركّبُ ATP في الأنشطةِ الخلوية؟

26. اذكرْ ميزةً هامةً للمادةِ الشمعية، واذكرْ لماذا تكتسبُ هذه الأهميةَ بالنسبةِ للكائناتِ الحيّة.

27. ما الدورُ التركيبيُّ الذي تلعبُهُ الدهونُ المفسفرةُ في الخلايا؟

تفكيرٌ ناقد

1. تتكوّنُ الخليّةُ في معظمِها منَ الماء. ماذا كانَ يمكنُ أن يحدثَ لاستقراريةِ درجةِ الحرارةِ الداخليةِ للجسمِ إزاءَ تغيّراتِ درجةِ الحرارةِ المحيطةِ به لو أنَّ معظمَ الخليّةِ منَ الزيتِ، وهوَ لا يحتوي على روابطَ هيدروجينيةٍ كثيرة؟

2. يذوبُ النشاءُ بسهولةٍ في الماءِ، أما السليلوزُ فلا يذوبُ بسهولةٍ، مع أنَّ المادتينِ تتألّفانِ من سلاسلِ جزيئاتِ الجلوكوز. ما الفرقُ التركيبيُّ بينَ النشاءِ والسليلوزِ الذي يجعلُ تأثّرَ هاتينِ المادتينِ بالماءِ مختلفًا؟

3. عادةً تكونُ الجليسريداتُ الثلاثيةُ، في جسمِ الحيوانِ، دهونًا صلبةً، فيما هيَ عادةً زيوتٌ في النباتات. وجديرٌ بالذكرِ أنَّ لدى الكثيرِ منَ الحيواناتِ التي تعيشُ في القطبِ الجنوبيِّ وفي القطبِ الشماليِّ، كمّيةً منَ الجليسريداتِ الثلاثيةِ على صورةِ زيوتٍ تفوقُ ما لدى الحيواناتِ الأخرى. ما الفائدةُ بالنسبةِ للحيوانِ الذي يعيشُ في مُناخٍ شديدِ البرودةِ من قيامِ جسمِهِ بخزنِ الدهونِ على صورةِ زيتٍ عوضَ الدهونِ الصلبة؟

توسيعُ آفاقِ التفكير

خذْ قطعةَ لحمٍ وقطِّعْها إلى أربعةِ مكعّباتٍ، بضلعِ 2.5 سنتيمتر. رشَّ مادةً مليّنةً للّحمِ على ثلاثةِ مكعّباتٍ، وبكميّةٍ متساوية. تحتوي المادةُ الملينةُ على أنزيمٍ لتفكيكِ البروتين. ضعْ مكعّبًا في ثلاجةٍ، ودعْ مكعّبًا عندَ درجةِ الحرارةِ المحيطةِ (حرارة الغرفة)، ثمَّ ضعِ المكعّبَ الآخرَ في حاضنةِ Incubator على 32°C. في ما يخصُّ المكعّبَ الرابعَ، ضعْ كميةَ مُلَيِّنِ اللحمِ ذاتَها وبضعَ ملاعقَ منَ الماءِ في وعاءٍ، واغْلِ المزيجَ لمدةِ ثلاثِ دقائقَ (لا تدعِ المزيجَ يغلي حتى الجفاف، أضفِ الماءَ، ملعقةً بعدَ أخرى، بحسبِ الحاجة)، اسكبِ المزيجَ المغليَّ على قطعةِ اللحمِ الرابعة. بعدَ ثلاثِ ساعاتٍ، عاينْ حالةَ أنسجةِ مكعّباتِ اللحمِ الأربعة. ماذا يمكنكَ أن تستنتجَ حولَ تأثيرِ درجةِ الحرارةِ على الأنزيمِ في مليّنِ اللحم؟

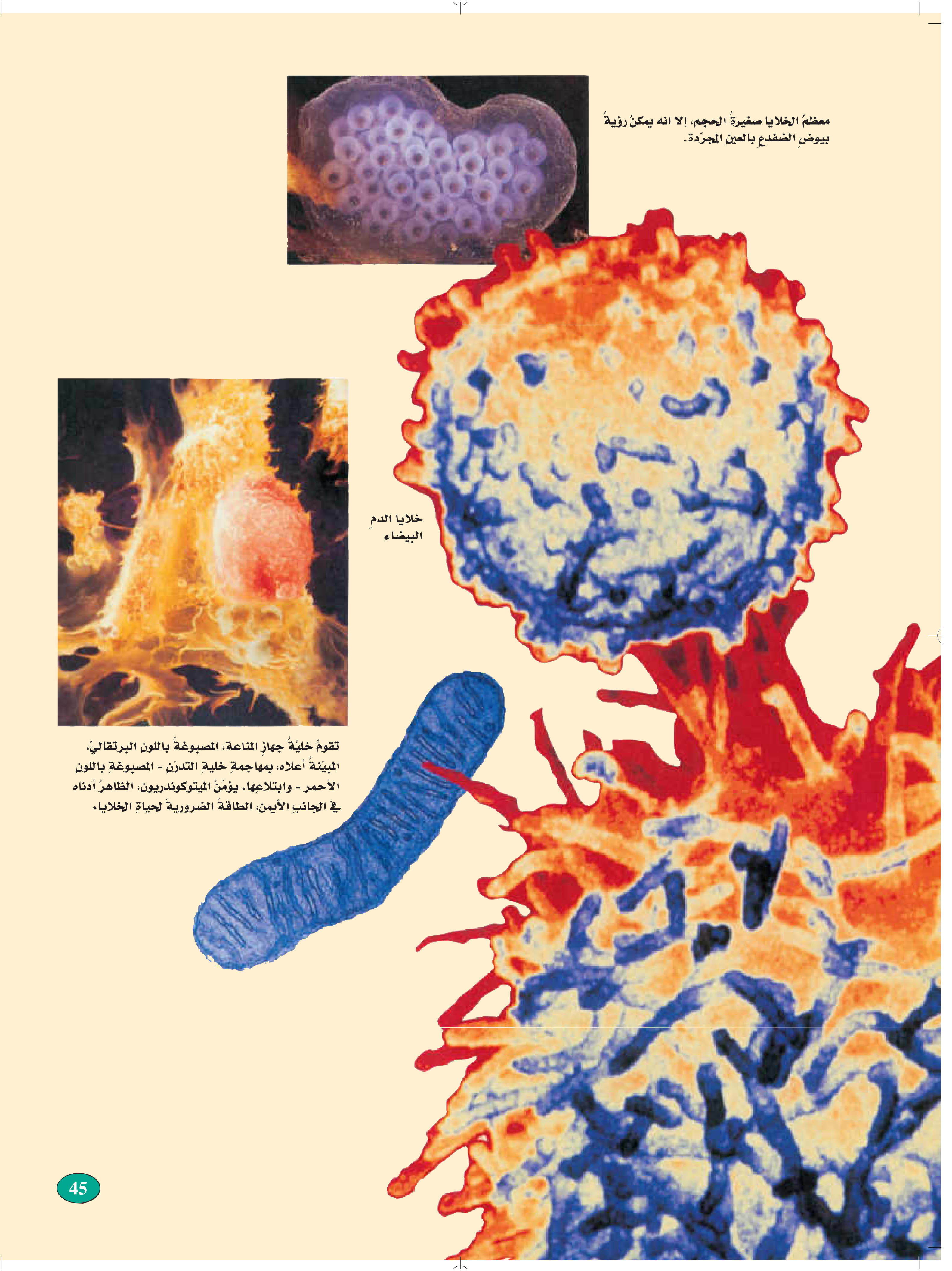
الوحدة 2

الخلايا

الفصول



تحتوي الخلايا حقيقية النواة على عدد من التراكيب الداخلية المعقّدة.



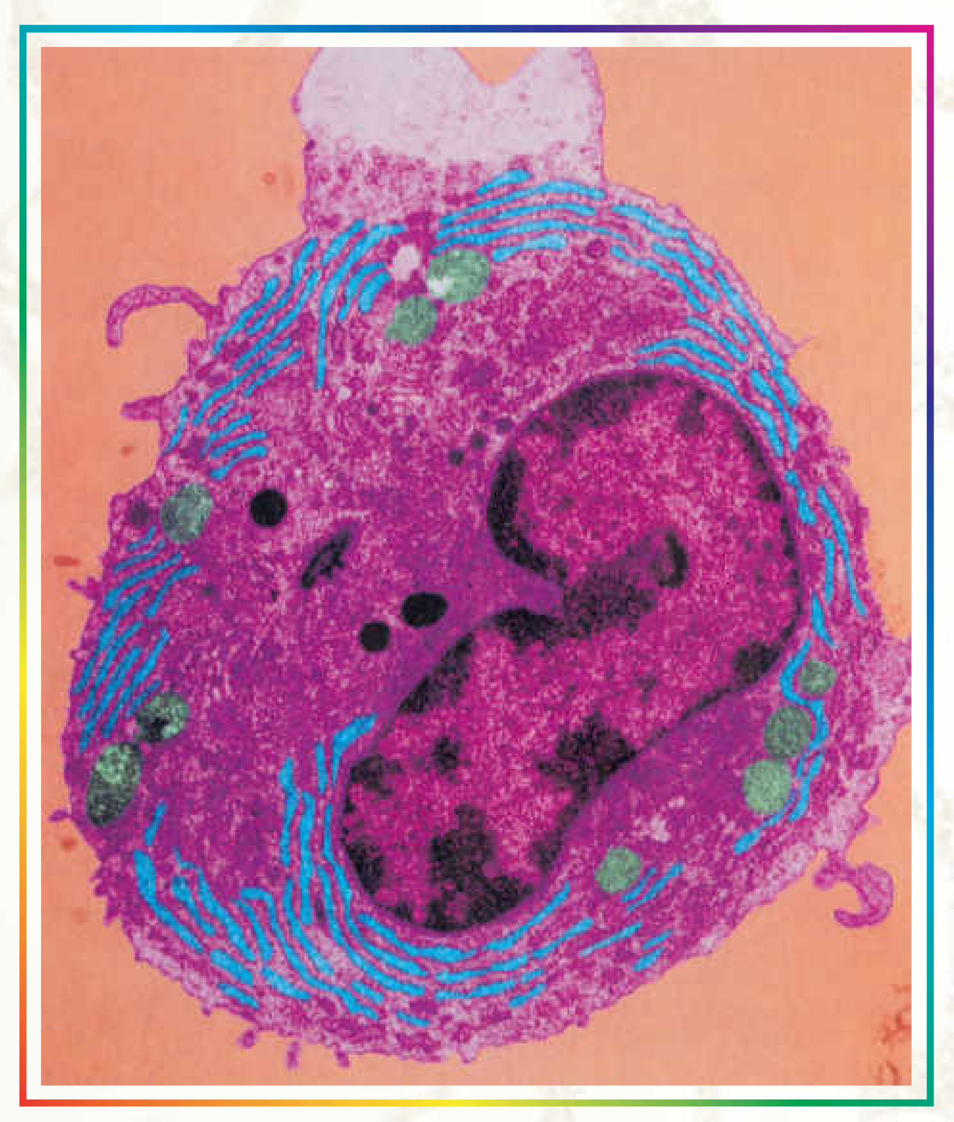
معظمُ الخلايا صغيرةُ الحجم، إلا انه يمكنُ رؤيةُ بيوضِ الضفدعِ بالعينِ المجرّدة.

خلايا الدمِ البيضاء

تقومُ خليَّةُ جهازِ المناعة، المصبوغةُ باللونِ البرتقاليّ، المبيّنةُ أعلاه، بمهاجمةِ خليةِ التدرّنِ - المصبوغةِ باللونِ الأحمر - وابتلاعِها. يؤمِّنُ الميتوكوندريون، الظاهرُ أدناه في الجانبِ الأيمن، الطاقةَ الضروريةَ لحياةِ الخلايا.

الفصل 3

تركيبُ الخليةِ ووظائفُ أجزائِها



خليةُ عظمِ الإنسان هذهِ ذاتُ تركيبٍ معقدٍ. (م.أ.ن 17,938 x)

المفهومُ الرئيس: تركيبُ الخليةِ ووظائِفُ أجزائِها

وأنتَ تقرأُ، استخرجْ أمثلةً تُبيِّنُ كيفَ تتنوعُ تراكيبُ الخلايا معَ تنوُّعِ وظائفِها.

القسم

1-3

النواتجُ التعليميّة

▲ يوجزُ الاكتشافاتِ التي أدّتْ إلى تشكيل النظريةِ الخلويةِ.

● يعرضُ النظريةَ الخلوية.

■ يعيّنُ عاملاًمحددًا لحجم الخلية.

◆ يصفُ العلاقةَ بينَ شكل الخليةِ ووظيفتها.

▲ يميّزُ بينَ الكائناتِ بدائيةِ النواةِ والكائناتِ حقيقيةِ النواة.

مدخلٌ إلى الخلية

الكائناتُ الحيةُ والأشياءُ غيرُ الحيةِ مكوَّنةٌ، على حدٍّ سواء، من جُزيئاتٍ مركّبةٍ من عناصرَ كيميائيةٍ، كالكربون والهيدروجينِ والأكسجينِ والنيتروجين. انتظامُ هذهِ الجزيئاتِ في خلايا يشكّلُ سمةً منَ السماتِ التي تُميّزُ الكائناتِ الحيةَ عمّا عداها من أشكالِ المادّةِ الأخرى. و**الخليةُ** Cell هيَ أصغرُ وحدةٍ من وحداتِ المادةِ الحيّةِ يمكنُها القيامُ بالعملياتِ الحيوية.

اكتشافُ الخلية

إنَّ كلَّ كائنٍ حيٍّ ـ من أدقِّ بكتيريا تعومُ في قطرةِ ماءٍ إلى أضخم حوتٍ ـ مكوَّنٌ من خليةٍ واحدةٍ أو أكثر. كيفَ توصَّلَ العلماءُ إلى هذا الاستنتاج؟ لمْ يصبحِ اكتشافُ الخلايا أمرًا ممكنًا إلا بعدَ صُنعِ المجهرِ في بدايةِ القرنِ السابعَ عشر.

في العام 1665 استخدمَ العالمُ الإنكليزيُّ روبرت هوك Robert Hooke (1635-1703) مجهرًا لفحصِ شريحةٍ رقيقةٍ من الفلّين، الشكل 3-1، وكتبَ العبارةَ التالية: «استطعتُ أن أدركَ بوضوحٍ متزايدٍ أنّها كلَّها مثقَّبةٌ وذاتُ مسام»، ثمَّ استطردَ ووصفَها بأنّها مكوَّنةٌ من «عُلَبٍ صغيرةٍ كثيرةٍ جدًّا». وعندما تحوَّلَ هوك بمجهرِهِ نحوَ جذوعِ أشجارٍ مُعمَّرةٍ ونباتاتِ جَزَرٍ وسرخس، اكتشفَ لدى كلٍّ منها تكوينًا مُشابهًا. ذكَّرتْهُ هذهِ «العلبُ الصغيرةُ»، فيما يبدو، بالحُجراتِ الصغيرةِ التي يعيشُ فيها الرهبانُ، لذلك دعاها خلايا.

إنَّ ما شاهدَهُ هوك كانَ في الحقيقةِ بقايا خلايا نباتيةٍ ميتة. إلاّ أنَّ أوّلَ إنسانٍ شاهدَ الخلايا الحيّةَ هوَ صانعُ المجاهرِ الهولنديُّ أنطون فان ليفنهوك Anton van Leeuwenhoek (1632-1723). وبالرغمِ من أنَّ مجهرَ فان ليفنهوك كانَ بسيطًا، فإنهُ كانَ في العام 1673 قويًّا بما يكفي ليمكّنَهُ من فتحِ البابِ إلى عالمٍ كاملٍ جديد، عالمِ الكائناتِ الحيةِ الدقيقةِ التي لم تُرَ قطُّ قبلَ هذا التاريخ.



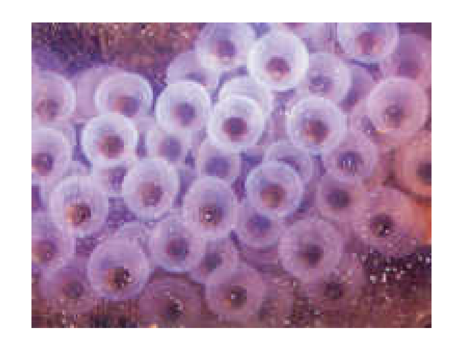
الشكل 3-1
المجهرُ المركّبُ الذي استخدمَهُ هوك لرؤيةِ خلايا الفلّين الظاهرة هنا.

النظريةُ الخلوية

مرَّ حواليَ 150 عامًا قبلَ أن يشرعَ العلماءُ في تنظيمِ الملاحظاتِ التي بدأها هوك وفان ليفنهوك في نظريةٍ موحّدةٍ تُسمّى **النظريةَ الخلويةَ** Cell theory. تشملُ هذهِ النظريةُ ثلاثةَ بنودٍ هيَ:

- الكائناتُ الحيةُ كلُّها مكوّنةٌ من خليةٍ واحدةٍ أو أكثر.
- الخلايا هيَ الوحداتُ التركيبيةُ والوظيفيةُ الأساسيةُ في الكائنِ الحي.
- تنشأ الخلايا فقطْ عن انقسامِ خلايا موجودة.

الدليلُ الأولُ للنظريةِ الخلويةِ أعطاهُ ثلاثةٌ منَ العلماءِ الألمان. في العامِ 1838 استنتجَ عالمُ النباتِ ماتياسُ شلايدنْ Matthias Schleiden (1804-1881) أنَّ كلَّ النباتاتِ مكوّنةٌ من خلايا. بعد سنةٍ من هذا التاريخِ توصَّلَ عالمُ الحيوانِ ثيودور شوان Theodor Schwann (1810-1882) إلى الاستنتاجِ نفسِهِ في ما يتعلّقُ بالحيوانات. وفي العامِ 1855 استنبطَ رودولف فيرشو Rudolf Virchow (1821-1902)، وهوَ طبيبٌ كانَ يَدْرسُ كيفَ تؤثِّرُ الأمراضُ على الكائناتِ الحيةِ، أنَّ الخلايا تنشأ فقطْ من خلايا أخرى. جمعَ العلماءُ المعاصرونَ وعلى مدى سنوات، أدلّةً إضافيةً وفيرةً تدعمُ النظريةَ الخلوية.



الشكل 3-2
بالرغمِ منَ أنَّ معظمَ الخلايا صغيرةٌ جدًا، فإنَّ بعضَها كبيرٌ بما يكفي ليُرى من دونِ مجهر. إنَّ بيوضَ الضفدعِ هذه يبلغُ قطرها 1.5 mm. وهناكَ الأكبرُ منها كبيوضِ الطيور، التي تبلغُ سماكتُها عدةَ سنتيمترات. كما أنَّ بيوضَ الضفادعِ والطيورِ مكوّنةٌ في معظمِها منَ المحِّ الذي يشكّلُ مخزونًا غذائيًّا للجنينِ أثناءَ نموِّه.

تنوُّعُ الخلايا

ليستِ الخلايا كلُّها متشابهةً، بل إنَّ خلايا جسمِ الكائنِ الحيِّ نفسِه يظهرُ فيها تنوُّعٌ هائلٌ في الحجمِ والشكلِ والتنظيمِ الداخليّ. إنَّ جسمَكَ، على سبيلِ المثالِ، يضمُّ على الأقلِّ 200 نوعٍ منَ الخلايا.

الحجم

هناكَ أنواعٌ قليلةٌ من الخلايا، كالتي تظهرُ في الشكلِ 3-2، تكونُ كبيرةً بما يكفي لرؤيتِها بالعينِ المجرَّدة. في حين أنَّ بعضَ الخلايا العصبيةِ التي تمتدُّ حتى أسفلِ قائمةِ الزرافةِ مثلاً، يمكنُ أن يبلغَ طولُها مترين. بشكلٍ عامٍّ، يراوحُ قطرُ معظمِ خلايا الحيواناتِ والنباتاتِ بينَ 10 μm و 50 μm، فيما لا يزيدُ قطرُ معظمِ الخلايا البكتيريةِ على 0.2 μm لكنْ على العمومِ، معظمُ الخلايا لا تُرى إلا بواسطةِ المجهر.

القياسُ الذي يمكنُ أن تبلغَهُ الخلايا تُحدِّدُهُ نسبةُ مساحةِ سطحِ الخليةِ الخارجيِّ إلى حجمِها. يُبيِّنُ الجدولُ 3-1 كيفَ يؤثِّرُ نموُّ الخليةِ على تلكَ النسبة. في حالةِ الخليةِ المكعّبةِ، يزدادُ حجمُ الخليةِ بمقدارِ مكعَّبِ طولِ الضِّلَع، فيما تزدادُ مساحةُ سطحِها بمقدارِ مربَّعِ طولِ الضِّلَع. يعني هذا أنهُ إذا حافظتِ الخليةُ على شكلِها أثناءَ النموِّ، فإنَّ حجمَها يكبُرُ بأسرعَ ممّا تكبرُ مساحةُ سطحِها الخارجيّ. هذهِ الحقيقةُ تستحقُّ التوقفَ عندَها، لأنَّ الموادَّ الغذائيةَ والأُكسجينَ والموادَّ الأخرى التي تحتاجُ إليها الخليةُ تدخلُها عبْرَ سطحِها. وعندما تواصلُ الخليةُ نموَّها فإنها تبلغُ حدًّا يصبحُ السطحُ عندَهُ صغيرًا، لا يَسمحُ بدخولِ تلكَ الموادِّ بالسرعةِ اللازمةِ لتلبيةِ حاجاتِ الخلية.

الجدولُ 3-1 مساحاتُ أسطحِ المكعّباتِ وأحجامُها

طولُ الضلع	مساحةُ السطح	الحجم	نسبةُ مساحةِ السطحِ إلى الحجم
1 mm	6 mm^2	1 mm^3	1:6
2 mm	24 mm^2	8 mm^3	1:3
3 mm	54 mm^2	27 mm^3	1:2







خليةُ دمٍ بيضاء

خلايا جلدية

خليةٌ عصبية

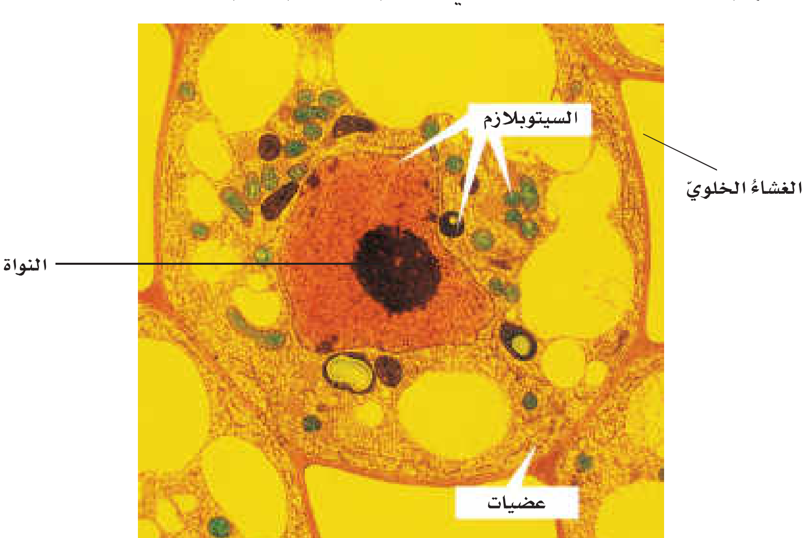
الشكل 3-3
تُظهرُ هذهِ الصورُ الفوتوغرافيةُ، المأخوذةُ بواسطةِ مجهرٍ إلكترونيٍّ ماسح، ثلاثةَ أنواعٍ مختلفةٍ منَ الخلايا موجودةٍ في جسمِ الإنسان. لكلِّ نوعٍ منها تركيبٌ يمكّنُها من تنفيذِ وظيفتِها بفاعلية. (يمين 23,250 x، وسط 330 x، يسار 17,385 x).

الشكل

تتنوّعُ أشكالُ الخلايا، ويعكسُ هذا التنوُّعُ تنوّعًا في الوظيفة. راقبْ خلايا الإنسانِ الثلاثَ الظاهرةَ في الشكل 3-3. تستطيعُ الخليةُ العصبيةُ، بفضلِ امتداداتِها الطويلة التي تنطلقُ في اتجاهاتٍ مختلفةٍ، أن ترسلَ وتستقبلَ السيالاتِ العصبية. وفي المقابلِ، يلائمُ شكلُ الخلايا الجلديةِ الميتةِ المنبسطةِ وظيفتَها في تغليفِ سطحِ الجسم. ويمكنُ لبعضِ خلايا الدمِ البيضاءِ أن تغيِّرَ شكلَها وتَخرجَ منَ الدمِ إلى الأماكنِ المحيطةِ بالأوعيةِ الدموية. هذا الأمرُ يسمحُ لها بملاحقةِ البكتيريا التي تغزو الجسمَ، وعزلِها وابتلاعِها، ثمَّ تدميرِها.

التنظيمُ الداخليّ

تُبيِّنُ الصورُ المجهريةُ الظاهرةُ في الشكلينِ 3-4 و 3-5 أنَّ الخلايا تضمُّ مجموعةً متنوّعةً منَ التراكيبِ الداخليةِ تُدعى **العُضَيّات Organelles**. العُضيُّ هوَ أحدُ مكوِّناتِ الخليةِ، ويقومُ بوظائفَ محدَّدة. وكما تقومُ أعضاءُ الكائنِ الحيِّ بوظائفِهِ الحيويةِ، كذلكَ تحافظُ العُضيّاتُ في الخليةِ على بقاءِ حياتِها.



الشكل 3-4
هذهِ الخليةُ النباتيةُ، كباقي الخلايا حقيقيةِ النواةِ، تحتوي على عُضياتٍ محاطةٍ بأغشية. العُضَيُّ الأبرزُ هوَ النواة. والخليةُ بكاملِها مُغلَّفةٌ بغشاء.



نشاطٌ عمليٌ سريع

مقارنةُ الخلايا السطحية

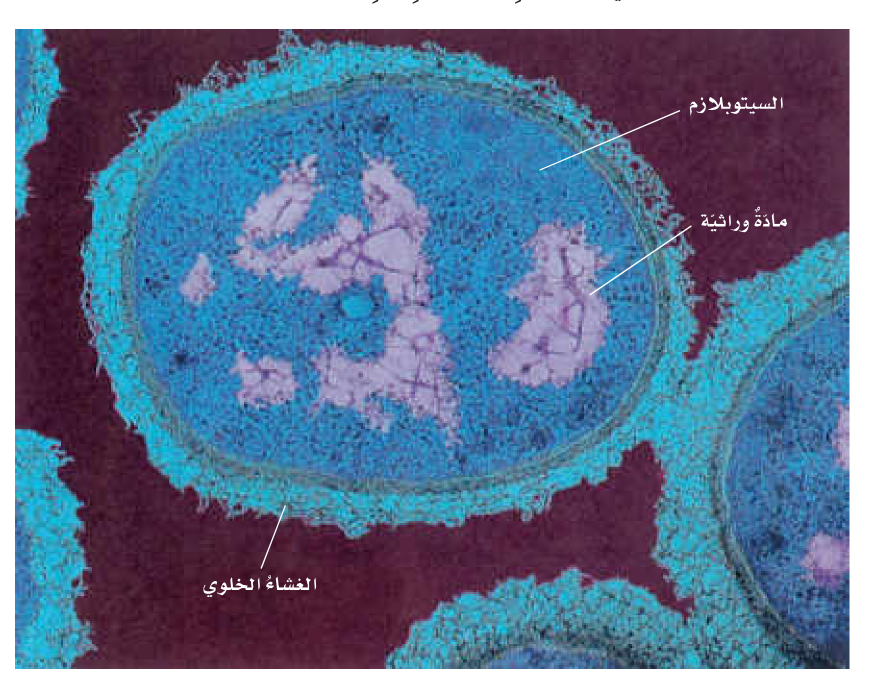
المواد شرائحُ مجهريّةٌ جاهزةٌ لقطاعٍ من جلدِ إنسانٍ، وساقُ نباتٍ (من ذواتِ الفلقتين)، قلمُ رصاص، ورق.

الإجراء افحص الشرائحَ باستخدامِ قدرةِ التكبيرِ المتوسطة (x 100). لاحظِ الخلايا السطحيةَ الخارجيةَ للجلدِ والساقِ النباتيِّ وارسُمْها.

التحليل كيفَ تختلفُ الخلايا السطحيةُ لدى كلٍّ منَ الكائنين عن الخلايا الواقعةِ تحتَها؟ ما وظيفةُ الخلايا السطحيةِ الخارجية؟ وضّح كيفَ يلائمُ شكلُ الخلايا السطحيةِ وظيفتَها.

في الشكلِ 3-4 نلاحظُ أنَّ الخليَةَ بكاملِها مُغلَّفةٌ بغشاءٍ رقيقٍ يُدعى **الغشاءَ الخلوي Cell membrane**. توجدُ داخلَ الخليةِ مجموعةٌ متنوّعةٌ منَ العُضيّاتِ، المغلّفةِ في معظمِها بأغشيتِها الذاتية. العُضيُّ الكبيرُ الواقعُ قربَ مركزِ الخليةِ هوَ **النواةُ Nucleus** التي تضمُّ الجزءَ الأكبرَ منَ المعلوماتِ الوراثيةِ وتُوجّهُ معظمَ أنشطةِ الخلية. الكائناتُ الحيةُ التي تضمُّ خلاياها نَوى مغلَّفةً بغشاءٍ وعُضيّاتٍ أخرى تُسمّى **الكائنات حقيقيةَ النواة Eukaryotes**.

الخليةُ الظاهرةُ في الشكلِ 3-5 هيَ بكتيريا، ولها غشاءٌ خلويٌّ، لكنْ ليسَ لأيٍّ منَ العُضيّاتِ الموجودةِ بداخلِها غشاء. والمعلوماتُ الوراثيةُ الخاصةُ بالخليةِ البكتيريةِ مُركَّزةٌ في موضعٍ معيّنٍ منها، إلا أنّها ليستْ منتظمةً ضمنَ نواةٍ مُغلَّفةٍ بغشاءٍ، كنواةِ الخليةِ حقيقيةِ النواة. الكائناتُ الحيةُ أُحاديةُ الخليةِ، التي ينقصُها نواةٌ مُغلَّفةٌ بغشاءٍ وعُضيّاتٌ أخرى، تُدعى **الكائناتِ بدائيةَ النواة Prokaryotes**. الاختلافُ بينَ بدائيةِ النواةِ والكائناتِ حقيقيةِ النواةِ مهمٌّ جدًّا. هذا الاختلافُ يسمحُ لنا بوضعِ الكائناتِ بدائيةِالنواةِ في مملكتينِ مستقلّتينِ عنِ الكائناتِ حقيقيةِ النواة.



الشكل 3-5
هذهِ الخليةُ البكتيريةُ مُغلَّفةٌ بغشاءٍ، إلاّ أنَّها لا تضمُّ نواةً أو عُضيَّاتٍ أخرى مُغلّفةً بغشاء.
(م.أ.ن x 84,721)

مراجعةُ القسم 1-3

1. ما بنودُ النظريةِ الخلوية؟
2. اذكرْ عاملاً محددًا للحجمِ الذي يمكنُ أن تبلغَهُ معظمُ الخلايا.
3. أعطِ مثالين يُبيّنان كيفَ تلائمُ أشكالُ الخلايا وظائفَها.
4. ما العُضيّ؟
5. كيفَ يمكنُك أن تقرّرَ أنَّ كائنًا حيًّا أُحاديَّ الخليةِ هوَ بدائيُّ النواةِ أو حقيقيُّ النواة؟
6. **تفكيرٌ ناقد** إنَّ الملاحظاتِ التي أدّتْ إلى تشكيلِ النظريةِ الخلويةِ، جرتْ خلالَ 17 عامًا. هل قدّمَ أكثرُ من عالِمٍ ملاحظاتٍ معمّقةً حولَ الخلايا خلالَ هذهِ الفترة؟ عَلِّلْ إجابتك.

القســم

2-3

النواتجُ التعليميّة

▲ يصفُ تركيبَ الغشاءِ الخلويِّ ومكوّناتِه ووظيفتَه.



يُسمّي العُضيّاتِ الرئيسةَ الموجودةَ في خليةٍ حقيقيةِ النواة، ويصفُ وظائفَها.



يصفُ تركيبَ النواةِ ووظيفتَها.

◆ يصفُ ثلاثةَ تراكيبَ خاصّةٍ بالخلية النباتية.

أجزاءُ الخليةِ حقيقيةِ النواة

تحدِّدُ الوظائفُ التي تقومُ بها الخليةُ حقيقيةُ النواةِ صورةَ تركيبِها. ومعنى ذلكَ أنَّهُ لا توجدُ خليةٌ حقيقيةُ النواةِ نموذجية. إلاّ أنَّ هذهِ الخلايا تمتازُ باشتمالِها على ثلاثةِ مكوِّناتٍ: الغشاءِ الخلويّ، النواةِ، والسيتوبلازمِ الذي يحتوي على عُضيّاتٍ أخرى.

الغشاءُ الخلويّ

لا تَقوى الخليةُ على العيشِ معزولةً تمامًا عن محيطِها، فهيَ بحاجةٍ إلى دخولِ الموادِّ الغذائيةِ إليها وإخراجِ فضلاتِها. لهذا يتحتَّمُ على الموادِّ الغذائيةِ والفضلاتِ المرورُ عبرَ الغشاءِ الخلويّ. يضبطُ الغشاءُ الخلويُّ مرورَ هذه الموادِّ منَ الخليةِ وإليها. هناكَ موادُّ قادرةٌ على عبورِ الغشاءِ بسهولةٍ، بينما لا قدرةَ لموادَّ أخرى على عبوره. لهذا السببِ، يُعتبرُ غشاءُ الخليةِ **ذا نفاذيةٍ انتقائية Selectively permeable**.

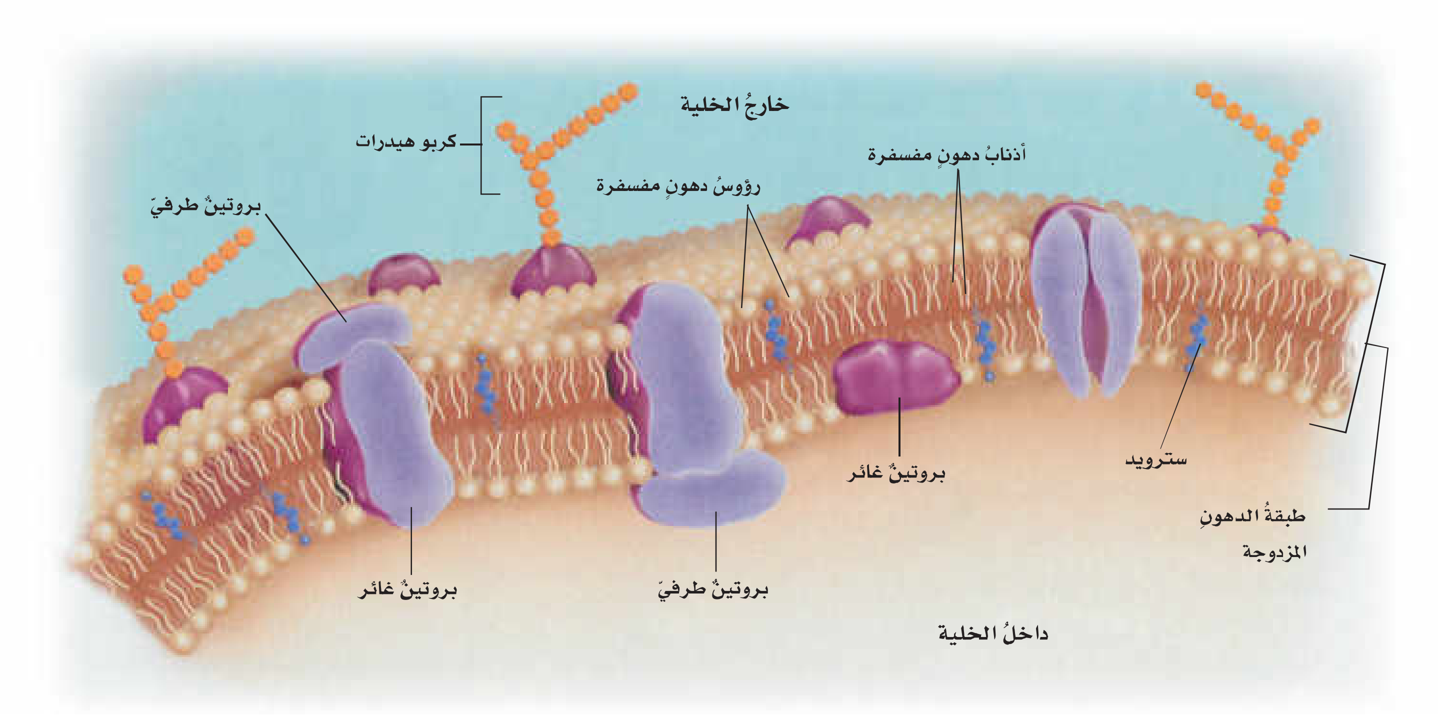
يتلاءمُ تركيبُ الغشاءِ الخلويِّ معَ الوظائفِ التي تؤدّيها الخليةُ في الكائناتِ عديدةِ الخلايا. على سبيلِ المثالِ، يساهمُ الغشاءُ الخلويُّ لدى بعضِ الخلايا في إفرازِ موادَّ إلى الخارجِ، حيث تُستعملُ في أماكنَ أخرى بعيدةٍ عن مصدرِها. ويساهمُ الغشاءُ الخلويُّ لدى خلايا أخرى في التعرُّفِ إلى «غُزاةٍ» فيدمّرُ مصدرَ الضررِ هذا قبلَ حدوثِه. في الحالتينِ، تكونُ الخلايا محاطةً بأغشيةٍ مُتخصِّصةٍ بالعملِ الذي تقومُ به. والأغشيةُ الخلويةُ أيًّا كانَ عملُها مكوَّنةٌ أساسًا من بروتيناتٍ ودهونٍ .

دهونُ الغشاء

تُعتبرُ الدهونُ المفسفرةُ أحدَ أنواعِ الدهونِ الرئيسةِ المكوِّنةِ للغشاءِ الخلويّ. ونعرفُ منَ الفصلِ 2 أنَّ لكلِّ جُزَيءٍ منَ الدهونِ المفسفرةِ رأسًا قطبيًّا وذنبينِ لا قطبيَّين. ولأنَّ رأسَ الدهنِ المفسفرِ محبٌّ للماءِ، بطبيعتِهِ، فإنه يتّجهُ نحوَ جُزَيئاتِ الماء. وفي المقابلِ، يتّجهُ الذنبانِ الكارهانِ للماءِ، بعيدًا عن جزيئاتِ الماء.

تسبحُ الخليةُ في بيئةٍ مائية. وبما أنَّ وسطَها الداخليَّ هوَ مائيٌّ أيضًا، فإنَّ جانبَيِ الغشاءِ الخلويِّ محاطانِ بجُزَيئاتِ الماء، ولهذا تنتظمُ الدهونُ المفسفرةُ، كما يظهرُ في الشكلِ 3-6 بحيثُ تتّجهُ رؤوسُها إلى الخارجِ، فيما تنحصرُ أذنابُها في باطنِ الغشاء. جزيئاتُ الماءِ هيَ السببُ في جعلِ الدهونِ المفسفرةِ للغشاءِ الخلويِّ تشكلُ طبقتين، أو طبقةَ الدهونِ المزدوجة.

ويشيرُ الشكلُ 3-6 إلى وجودِ نوعٍ آخرَ من الدهونِ في أغشيةِ الخلايا حقيقيةِ النواة، رأيناه سابقًا في الفصلِ 2. هذا النوعِ يتألّفُ منَ الستيرويداتِ التي تتركّزُ جزيئاتُها بين أذنابِ الدهونِ المفسفرة. الستيرويدُ الرئيسُ في خلايا الحيوانِ، هو الكولسترول. تقابلُهُ أنواعٌ أخرى منَ الستيرويداتِ في أغشيةِ خلايا النبات.



الشكل 6-3
تتكوَّنُ الأغشيةُ الخلويةُ في معظمِها من طبقةٍ مزدوجةٍ منَ الدهونِ، ونوعينِ منَ البروتينات: بروتيناتٍ غائرةٍ منغرسةٍ في الغشاءِ، وبروتيناتٍ طرفيةٍ ملتصقةٍ بسطحَيِ الغشاء.

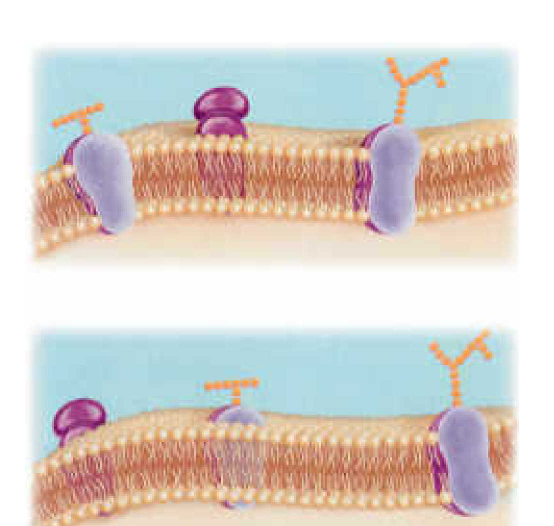
بروتيناتُ الغشاء

تلتصقُ **البروتيناتُ الطرفيةُ Peripheral proteins** بسطحَيِ الغشاءِ الخلويّ. فهيَ، كما يبدو في الشكلِ 6-3، تقعُ على السطحينِ الداخليِّ والخارجيّ. وهيَ ترتبطُ بطبقةِ الدهونِ المزدوجةِ، أو ببروتيناتٍ أخرى منغرسةٍ فيها، بروابطَ كيميائيةٍ ضعيفة. تُسمّى البروتيناتُ المنغرسةُ في طبقةِ الدهونِ المزدوجةِ **البروتيناتِ الغائرةِ Integral proteins**. يوضّحُ الشكلُ 6-3 أنّ بعضَ هذهِ البروتيناتِ الغائرةِ تخترقُ كاملَ الغشاءِ الخلويِّ، ويبقى طرفاها مكشوفينِ للوسطينِ الداخليِّ والخارجيِّ للخلية. والبعضُ الآخرُ منَ البروتيناتِ الغائرةِ يخترقُ طبقةً واحدةً منَ الغشاءِ ويبقى أحدُ طرفيها مكشوفًا إمّا للوسطِ الداخليِّ وإمّا للوسطِ الخارجيّ.

لاحظْ في الشكلِ 6-3، كيفَ أنَّ البروتيناتِ الغائرةَ المكشوفةَ على الوسطِ الخارجيِّ للخليةِ، غالبًا ما تتّصلُ بها جزيئاتٌ كربوهيدراتية. هذهِ الكربوهيدراتُ يمكنُ أن تربطَ الخلايا المحاذيةَ بعضَها ببعضٍ، أو يمكنُ أن تُشكِّلَ مواقعَ تلتصقُ بها الفيروساتُ أو الوسائطُ الكيميائيةُ كالهورمونات.

تقتضي النفاذيّةُ الانتقائيةُ للغشاءِ الخلويِّ أن تمتلكَ الخليةُ آلياتٍ لنقلِ الجُزَيئاتِ عبرَ طبقةِ الدهونِ المزدوجة. وتلعبُ بروتيناتُ الغشاءِ دورًا مهمًا في هذهِ العملية. على سبيلِ المثالِ، تُشكِّلُ بعضُ البروتيناتِ الغائرةِ قنواتٍ أو ثقوبًا تستطيعُ بعضُ الموادِّ أن تمرَّ من خلالِها. وترتبطُ بروتيناتٌ أخرى بمادةٍ معينةٍ، عندَ جانبٍ منَ الغشاءِ، وتنقلُها إلى الجانبِ الآخر. وسنتطرّقُ لاحقًا إلى مزيدٍ منَ المعلوماتِ حولَ كيفيةِ مرورِ بعضِ الموادِّ عبرَ الغشاءِ الخلوي.

النموذجُ الفسيفسائي المائع للغشاءِ الخلويّ



اعتقدَ العلماءُ لعدةِ سنواتٍ أنَّ تنسيقَ جُزَيئاتِ الدهونِ والبروتيناتِ في غشاءِ الخليةِ غيرُ متحركٍ نسبيًا. غيرَ أنهم اكتشفوا، بفضلِ تطوّرِ التقنياتِ وظهورِ أدواتٍ جديدةٍ، من ضمنِها المجهُر الإلكترونيُّ الماسحُ، أنَّ أغشيةَ الخلايا هيَ في الحقيقةِ متحرّكةٌ جدًا. تتحرّكُ ضمنَ الغشاءِ دهونُ الغشاءِ وبروتيناتُهُ الفسيفسائيةُ الشكلِ في اتجاهاتٍ جانبيةٍ، كما هوَ مبيّنٌ في الشكلِ 3-7. هذا الأمرُ يسمحُ لنمطِ أو الفسيفساءِ الدهونِ والبروتيناتِ أن يتحركَ باستمرارٍ في الغشاءِ الخلويِّ. وهذا ما يدُعى حاليًّا **النموذجَ الفسيفسائيَّ المائعَ Fluid mosaic model** لوصفِ الغشاءِ الخلويّ.

الشكلُ 3-7
يتمتعُ الغشاءُ الخلويُّ بتركيبةٍ ديناميةٍ، تمكّنُ الدهونَ والبروتيناتِ الفسيفسائيةَ منَ التحركِ ضمنَ طبقةِ الدهونِ المزدوجةِ في اتجاهاتٍ جانبيةٍ. لهذا يُطلقُ العلماءُ على تركيبِ الغشاءِ الخلويِّ تسميةَ النموذجِ الفسيفسائيِّ المائعِ.

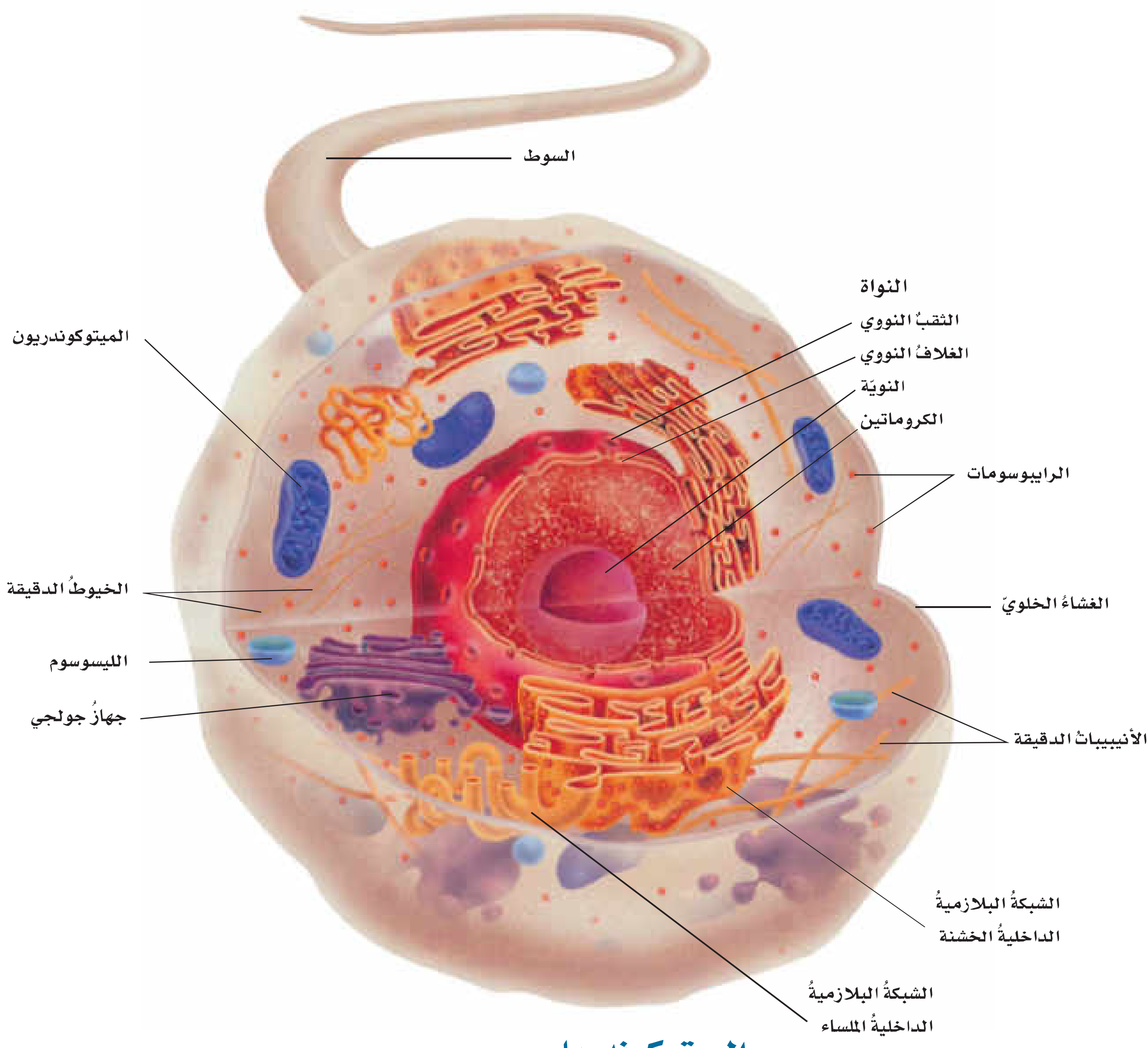
السيتوبلازمُ والعُضيّات

يمتدُّ **السيتوبلازمُ Cytoplasm** بينَ الغشاءِ الخلويِّ والنواة. ويتكوّنُ من عُضيّاتٍ متنوعّةٍ ووسطٍ مائيٍّ شبيهٍ بالهلامِ يُدعى **السيتوسول Cytosol**، الذي يحتوي أيضًا على أملاحٍ ومعادنَ وجُزَيئاتٍ عضوية. يوردُ الجدولُ 3-2 العُضيّاتِ الرئيسةَ للخليةِ، بينما يوضحُ الشكلُ 3-8 العُضيّاتِ الموجودةَ في خلايا الحيوانِ ضمنَ السيتوبلازم.

الجدولُ 3-2 العُضيّات

العُضيّ	الوظيفة
الميتوكوندريون	ينقلُ الطاقةَ منَ المركَّباتِ العضويةِ إلى أدينوسينِ ثلاثيِّ الفوسفات (ATP)
الرايبوسوم	يُنظّمُ بناءَ البروتين
الشبكةُ البلازميةُ الداخليةُ الخشنة	تُحضّرُ البروتينَ للتصدير، فيما تصنعُ الشبكةُ البلازميةُ الداخليةُ الملساءُ الستيرويداتِ، وتُنظّمُ كميةَ الكالسيوم، وتفكّكُ الموادَّ السامّة
جهازُ جولجي	يُعِدُّ ويُعدِّلُ تركيبَ الموادِّ التي تنتجُها الخلية
الليسوسوم	يهضِمُ الجُزَيئاتِ والعُضيّاتِ القديمةَ والموادَّ الغريبة
الأنيبيباتُ والخيوطُ الدقيقة	تساهمُ في دعمِ الخليةِ وحركتِها وانقسامِها
الأهدابُ والأسواط	تدفعُ الخليةَ في محيطِها، وتُحرّكُ الموادَ فوقَ سطحِ الخلية
النواة	تُخزّنُ المعلوماتِ الوراثيةَ في الحمضِ النوويِّ منقوصِ الأكسجين (DNA)، وتنتجُ الحمضَ النوويَّ الرايبوزيَّ (RNA) والرايبوسومات
الجدارُ الخلوي *	يدعمُ الخليةَ ويحميها
الفجوة *	تُخزّنُ الأنزيماتِ والفضلات
البلاستيدة *	تُخزّنُ الغذاءَ والأصباغَ، كما أنَّ أحدَ أنواعِها، وهوَ البلاستيدة الخضراءُ، ينقلُ الطاقةَ منَ الضوءِ إلى مركَّباتٍ عضوية

* الجدرانُ الخلويةُ والفجواتُ الكبيرةُ والبلاستيدات موجودةٌ في خلايا النباتِ وبعضِ الخلايا حقيقيةِ النواة، لكنْ ليسَ في خلايا الحيوان.



الشكل 3-8

معظمُ خلايا الحيوانِ لها غشاءٌ خلويٌّ وسيتوبلازمٌ يحتوي على نواةٍ، وعلى مجموعةٍ منوَّعةٍ من عُضيّاتٍ أخرى.

الميتوكوندريا

تنتشرُ عُضيّاتٌ ذاتُ حجمٍ كبيرٍ نسبيًا تُسمى **ميتوكوندريا Mitochondria** في جميعِ أرجاءِ السيتوسول، كما هوَ واضحٌ في الشكلِ 3-8.

تُشكِّلُ الميتوكوندريا مواقعَ التفاعلاتِ الكيميائيةِ التي تنقلُ الطاقةَ من مركَّباتٍ عضويةٍ إلى أدينوسينِ ثلاثيِّ الفوسفات ATP (تذكَّرْ منَ الفصلِ 2 أنَّ ATP هوَ الجُزَيءُ الذي يُعتبرُ «العُمْلَةَ المتداولةَ» للطاقةِ في معظمِ أنواعِ الخلايا). تُسيِّرُ الطاقةُ التي يوفِّرُها ATP في معظمَ التفاعلاتِ الكيميائيةِ التي تتمُّ في الخلية. لهذا تكثرُ الميتوكوندريا في الخلايا ذاتِ الحاجةِ المرتفعةِ إلى الطاقة. فعلى سبيلِ المثالِ، وحيثُ أنَّ خلايا الكبدِ تُنفِّذُ مجموعةً منَ الأنشطةِ الكيميائيةِ الحيويةِ، يصلُ عددُ الميتوكوندريا في كلِّ خليةٍ كبديّةٍ إلى 2,500 وكذلكَ تكثرُ الميتوكوندريا في الخلايا العضلية.

إذا نظرتَ عن كثبٍ إلى الشكلِ 3-9، تلاحظُ أنَّ الميتوكوندريونَ مغلّفٌ بغشاءين: الغشاءِ الأملسِ الخارجيِّ، الذي يشكِّلُ الحدودَ بينَ الميتوكوندريونِ والسيتوسولِ، والغشاءِ الداخليِّ الذي يضمُّ طيّاتٍ طويلةً تُسمّى **أعرافًا Cristae**. تزيدُ هذهِ الأعرافُ كثيراً منَ المساحةِ السطحيةِ للغشاءِ الداخليِّ، وتوفِّرُ مجالاً أكبرَ للتفاعلاتِ الكيميائيةِ التي تحصلُ داخلَ الميتوكوندريون.

جذرُ الكلمةِ وأصلُها

الميتوكوندريون
مفردةُ الميتوكوندريا
mitochondrion

و هو منَ اليونانيةِ Mitos بمعنى «خيطٍ»، وchondrion بمعنى «حبّة».



الشكل 3-9
الميتوكوندريونُ مغلّفٌ بغشاءٍ مزدوج. الغشاءُ الداخليُّ مكوّنٌ من عدةِ طيّاتٍ تُدعى أعرافًا (م أ.ن 232,000 x) أما الغشاءُ الخارجيُّ فهوَ أملس.

الرايبوسومات

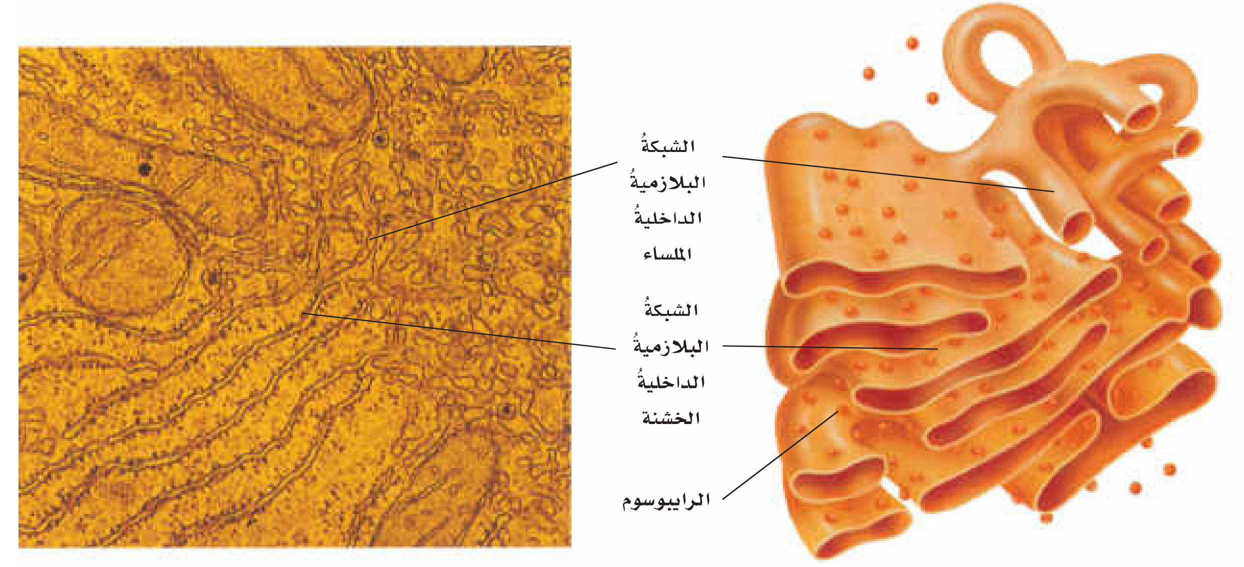
الرايبوسوماتُ Ribosomes هيَ العُضيّاتُ الأكثرُ عددًا في أغلبِ الخلايا. وبخلافِ معظمِ العُضيّاتِ الأخرى، ليستِ الرايبوسوماتُ مغلّفةً بغشاء. يتكوّنُ كلُّ رايبوسومٍ من مركَّبينِ عضويين: بروتينٍ وحمضٍ نوويٍّ رايبوزي RNA. ويتمُّ ارتباطُ البروتيناتِ والحمضِ النوويِّ الرايبوزيِّ RNA داخلَ نواةِ الخليةِ لتشكيلِ الرايبوسومات، التي تُنقَلَ فيما بعدُ إلى السيتوسول. تبقى بعضُ الرايبوسوماتِ طليقةً داخلَ السيتوسول، فيما تلتصقُ الأخرى بِعُضَيٍّ يُسمى الشبكةَ البلازميةَ الداخلية. يمكنُكَ أن ترى الرايبوسوماتِ الطليقةَ، وتلكَ الملتصقةَ، إذا عاينتَ الشكلَ 3-10 عن كثب.

تلعبُ الرايبوسوماتُ دورًا مُهمًّا في بناءِ البروتينات. يتمُّ إنتاجُ البروتيناتِ التي تُستعملُ داخلَ السيتوسولِ بواسطةِ الرايبوسوماتِ الطليقةِ الموجودةِ فيه. أما البروتيناتُ المنغرسةُ في الأغشيةِ، أو تلكَ التي يتمُّ تصديرُها منَ الخليةِ، فتُنتَجُ بواسطةِ الرايبوسوماتِ الملتصقةِ بالشبكةِ البلازميةِ الداخلية.

الشبكةُ البلازميةُ الداخلية

الشبكةُ البلازميةُ الداخليةُ (ER) Endoplasmic reticulum هيَ مجموعةٌ منَ الأُنَيْبيباتِ والأكياسِ الغشائية. تُمثِّلُ الخطوطُ الداكنةُ التي تراها في الشكلِ 3-10 أغشيةَ الشبكةِ البلازميةِ الداخلية، بينما تُمثِّلُ المناطقُ الأفتحُ لونًا القنواتِ في داخلِها. تعملُ الشبكةُ البلازميةُ الداخليةُ كممرٍّ ضمنَ الخليةِ، تنتقلُ عبرهُ الجزيئاتُ من مكانٍ في الخليةِ إلى آخر. تختلفُ كميةُ الشبكةِ البلازميةِ الداخليةِ داخلَ الخليةِ وفقًا لنشاطها.

تتضمَّنُ الخليةُ عادةً نوعينِ منَ الشبكةِ البلازميةِ الداخليةِ يظهرانِ في الشكلِ 3-10. يبدو النوعُ الأولُ مغطًّى بنقطٍ داكنةٍ لدى مشاهدتِهِ بواسطةِ المجهرِ



الشكل 3-10
تُمثّلُ النُّقطُ الداكنةُ في الخليةِ الرايبوسومات. توجدُ بعضُ الرايبوسوماتِ الطليقةِ في السيتوسول، بينما يلتصقُ البعضُ الآخرُ بالشبكةِ البلازميةِ الداخليةِ الخشنة. أما الشبكةُ البلازميةُ الداخليةُ الملساءُ فتفتقرُ إلى الرايبوسومات. (م.أ.ن 240,000 x)

الإلكترونيّ. هذهِ النقطُ هيَ الرايبوسوماتُ التي تعطي الشبكةَ البلازميةَ الداخليةَ مظهرًا خشنًا. لذلكَ يُعرفُ هذا النوعُ باسمِ **الشبكةِ البلازميةِ الداخليةِ الخشنة Rough endoplasmic reticulum**. الشبكةُ البلازميةُ الداخليةُ الخشنةُ بارزةٌ جدًا في الخلايا التي تصنعُ كمياتٍ كبيرةً منَ البروتيناتِ المُعدّةِ للتصديرِ إلى خارجِ الخليةِ، أو للانغراسِ في الغشاءِ الخلويّ.

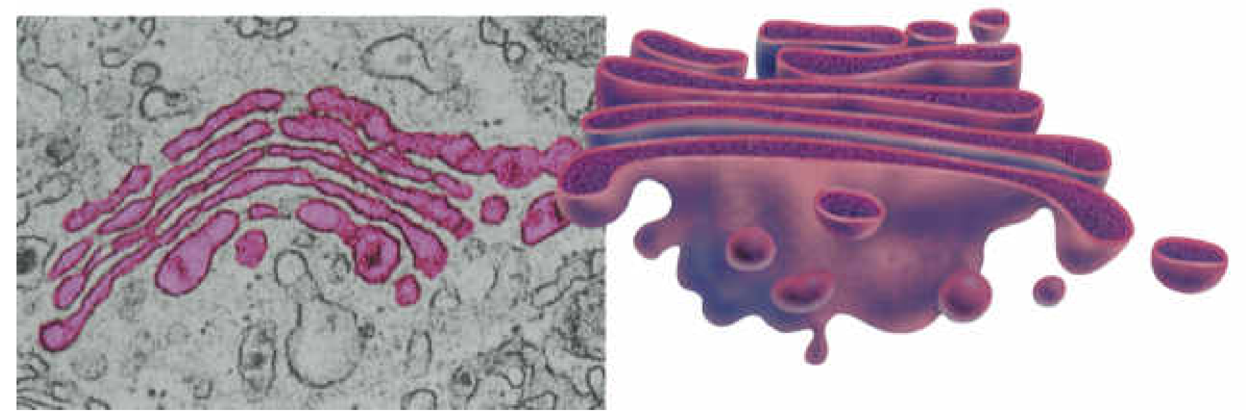
النوعُ الثاني منَ الشبكةِ البلازميةِ الداخليةِ لا تغطِّيهِ الرايبوسومات. وبالنظرِ إلى غيابِ الرايبوسومات، يظهرُ هذا النوعُ منَ الشبكةِ البلازميةِ الداخليةِ أملسَ، وتُسمّى الشبكةُ منهُ **الشبكةَ البلازميةَ الداخليةَ الملساء Smooth endoplasmic reticulum**. تُعنى الشبكةُ البلازميةُ الداخليةُ الملساءُ ببناءِ الستيرويداتِ في خلايا الغدد. وقد تتّصلُ الشبكةُ البلازميةُ الداخليةُ الملساءُ بالشبكةِ البلازميةِ الداخليةِ الخشنةِ، كما هوَ مبيّنٌ في الشكل 3-10.

جهازُ كولجي

جهازُ كولجي Golgi apparatus هوَ عُضيُّ الخليةِ المتخصّصُ في إعدادِ وتعديلِ تركيبِ وإفرازِ الموادِّ المصنَّعةِ داخلَ الخلية. هذا العُضَيُّ هوَ مجموعةٌ منَ الأغشيةِ، ويشبهُ تمامًا الشبكةَ البلازميةَ الداخلية. في الشكل 3-11 يَظهرُ جهازُ كولجي الموجودُ في السيتوسولِ على هيئةِ حزمةِ أكياسٍ مسطّحةٍ تكسبُهُ شكلاً مُحدَّبًا. يُعدِّلُ جهازُ كولجي تركيبَ البروتيناتِ المعدَّةَ للتصديرِ إلى خارجِ الخليةِ بوساطةِ حويصلاتٍ ناشئةٍ عن جهازِ كولجي نفسِه. يتمُّ ذلك بالتعاونِ الوثيقِ معَ الشبكةِ البلازميةِ الداخلية.

الليسوسومات

الليسوسوماتُ Lysosomes هيَ عُضيّاتٌ صغيرةٌ كرويةُ الشكلِ تضمُّ أنزيماتِ التحلّلِ بالماءِ Hydrolytic enzymes داخلَ غشائِها المفرد. تهضِمُ هذهِ الأنزيماتُ البروتيناتِ والكربوهيدراتِ والدهونَ والحمضينِ النوويينِ DNA و RNA. كذلكَ بإمكانِ هذهِ الأنزيماتِ هضمُ عُضيّاتٍ مسنّةٍ، بالإضافةِ إلى الفيروساتِ والبكتيريا التي تكونُ قد ابتلعتْها إحدى الخلايا. تتواجدُ الليسوسوماتُ عمومًا في خلايا الحيواناتِ والفطرياتِ و الطلائعيات، ويندُرُ وجودها في خلايا النباتات. تلعبُ



الشكل 3-11
مجموعةُ أكياس ملساء محاطةٍ بالأغشيةِ، انفصلتْ عنِ الشبكةِ البلازميةِ الداخليةِ، وهيَ تُعرفُ باسمِ جهازِ جولجي. ورغمَ كونِ الشبكةِ البلازميةِ الداخليةِ وجهازِ جولجي منفصلين، فإنهما يعملانِ معًا في إعدادِ موادَّ معيَّنةٍ لتصديرِها خارجَ الخليةِ. (م.أ.ن 237,250 x)

الليسوسوماتُ، في بعضِ الكائناتِ عديدةِ الخلايا، دورًا مهمًا في أُولى مراحلِ نموِّها. على سبيلِ المثالِ، يبدأُ تكوينُ يدِ الإنسانِ كتركيبٍ متكتّلٍ في الجنينِ. ومعَ تطوّرِ الجنينِ تُدمّرُ الأنزيماتُ الليسوسوميةُ انتقائيًّا أنسجةً معيّنةً، فتنفصلُ الأصابعُ الواحدةُ عنِ الأخرى

الهيكلُ الخلوي

مثلما يعتمدُ الجسمُ على الهيكلِ العظميِّ للحفاظِ على شكلِهِ وحجمِهِ، كذلكَ تحتاجُ الخليةُ إلى تركيبٍ يحفظُ لها شكلَها وحجمَها. هذا التركيبُ هوَ **الهيكلُ الخلويُّ Cytoskeleton**، وهوَ شبكةُ خيوطٍ بروتينيةٍ طويلةٍ تتواجدُ في السيتوسول. هذهِ الخيوطُ، مثلُ الرايبوسوماتِ، غيرُ محاطةٍ بأغشية. يساهمُ الهيكلُ الخلويُّ، إضافةً إلى دورِهِ في تأمينِ الدعمِ للخليةِ، في انتقالِ العُضيّاتِ داخلَ السيتوسول. وفي الهيكلِ الخلويِّ مكوّنانِ رئيسانِ هما **الخُيوطُ الدقيقةُ Microfilaments** و**الأنيبيباتُ الدقيقة Microtubules**.

الخيوطُ الدقيقةُ مكوَّنةٌ من بروتينٍ يُسمّى **أكتين Actin**. يتألّفُ كلُّ خيطٍ دقيقٍ من عدةِ جزيئاتٍ أكتينيةٍ يرتبطُ أحدُها بالآخرِ فتكوِّنُ سلسلةَ وحداتٍ بنائيّة. تشكِّلُ الخيوطُ الدقيقةُ أصغرَ الخيوطِ التي تكوِّنُ الهيكلَ الخلويَّ، وتساهمُ في حركةِ الخليةِ، وتلعبُ دورًا في انقباضِ الخلايا العضلية.

إنَّ أضخمَ خيوطِ الهيكلِ الخلويِّ هيَ أنابيبُ جوفاءُ تُعرفُ بالأُنَيْبيباتِ الدقيقة. تمتدُّ الأنيبيباتُ الدقيقةُ، في كثيرٍ منَ الخلايا، انطلاقًا من نقطةٍ مركزيةٍ قربَ النواةِ نحوَ مواقعَ قريبةٍ منَ الغشاءِ الخلويِّ. وعندما توشكُ الخليةُ أن تنقسمَ، تتلاقى حزمُ الأنيبيباتِ الدقيقةِ وتمتدُّ عبرَ الخلية. إنَّ هذهِ الحزمَ التي تُسمى **خيوطَ المغزلِ Spindle fibers**، هيَ حزمٌ سميكةٌ يمكنُ رؤيتُها بواسطةِ المجهرِ الضوئيِّ، كما تشاهَدُ في الشكلِ 3-12. تساعدُ خيوطُ المغزلِ في حركةِ الكروموسوماتِ خلالَ الانقسامِ الخلوي. وعندَ اكتمالِ الانقسامِ تتفرّقُ خيوطُ المغزلِ، وتستأنفُ الأنيبيباتُ الدقيقةُ عملَها في دعمِ الخلية.

الشكل 3-12
هذهِ الخليةُ تنقسمُ إلى اثنتين. وتتحرّكُ كروموسوماتُها التي تلونتْ باللونِ البرتقاليِّ، من جراءِ صباغٍ فلوري، إلى طرفَي الخليةِ المتقابلين. وتُسحبُ هذهِ الكروموسوماتُ بواسطةِ خيوطِ المغزلِ المصبوغةِ بالأخضر. (م. ض 3,696 x)



الأهدابُ والأسواط

الأهدابُ Cilia و**الأسواطُ Flagella** عُضيّاتٌ شبيهةٌ بالشَّعْرِ، تمتدُّ من سطحِ الخليةِ، وتساعدُ في الحركة. وبالنظرِ إلى الأدوارِ المتنوِّعةِ التي تلعبُها الأهدابُ والأسواطُ، فإننا نجدُها في أنواعٍ عديدةٍ منَ الخلايا حقيقيةِ النواة.

الشكل 3-13
تدفعُ الحيواناتُ المنويةُ جيئةً وذهابًا عن طريقِ تحريكِ سوطٍ طويل. (م. ض x 3,350)



عندما تكونُ هذهِ العُضيّاتُ قصيرةً وموجودةً بأعدادٍ كبيرةٍ على سطحِ الخليةِ، تُسمّى الأهداب. والسطحُ الخارجيُّ لعديدٍ منَ الكائناتِ أحاديةِ الخليةِ مغطًّى بأهداب. حركةُ هذهِ الأهدابِ تدفعُ الكائناتِ الدقيقةَ وسطَ الماءِ، لدى بحثِها عنَ الطعامِ، أو هروبِها من حيواناتٍ مفترسة. تتواجدُ الأهدابُ أيضًا على سطحِ خلايا الكائناتِ عديدةِ الخلايا. فالخلايا التي تبطِّنُ القناةَ التنفّسيةَ، مثلاً، تحملُ أهدابًا عديدةً تلتقطُ جزيئاتٍ ودقائقَ عالقةً في الهواءِ الذي نستنشقُه. وفيما تتحرّكُ هذهِ الأهدابُ تَكْنسُ الموادَّ المحتبَسَةَ وتدفعُها عاليًا إلى الحلْقِ، حيثُ تُزالُ منَ القناةِ التنفّسيةِ معَ البلع.

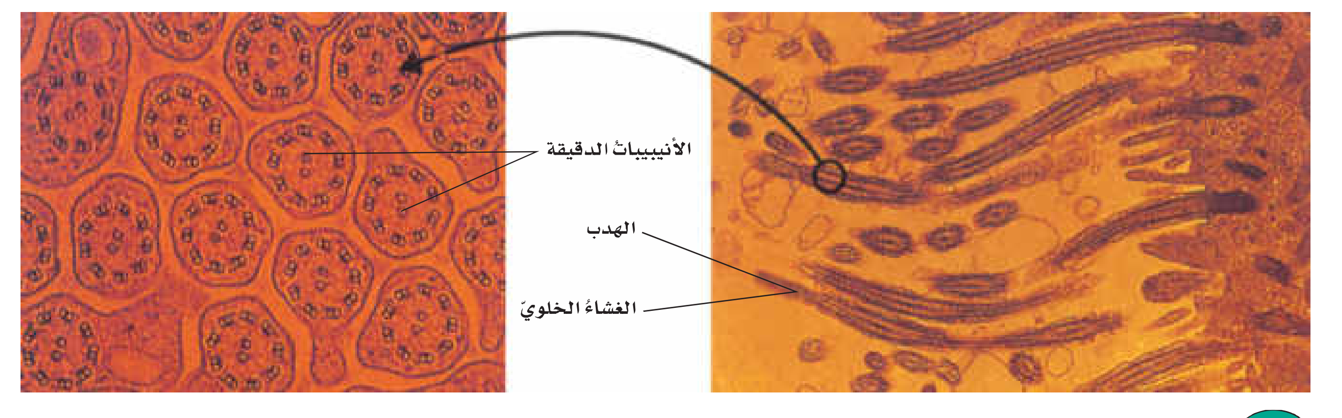
وحينَ تكونُ العُضيّاتُ الشبيهةُ بالشَّعْرِ طويلةً وقليلةَ العددِ على سطحِ الخليةِ، تُسمّى الأسواط. وهناكَ أنواعٌ كثيرةٌ منَ الخلايا لديها سوطٌ واحدٌ، بما فيها خلايا الحيواناتِ المَنَويَّةِ Sperm cells الظاهرةِ في الشكلِ 3-13. تدفعُ الكائناتُ أحاديةُ الخلايا أوِ الخلايا المتخصّصةُ في الكائناتِ عديدةِ الخلايا، مثلِ خلايا الحيواناتِ المنويةِ، بواسطةِ تحرُّكِ الأسواطِ، جيئةً وذهابًا.

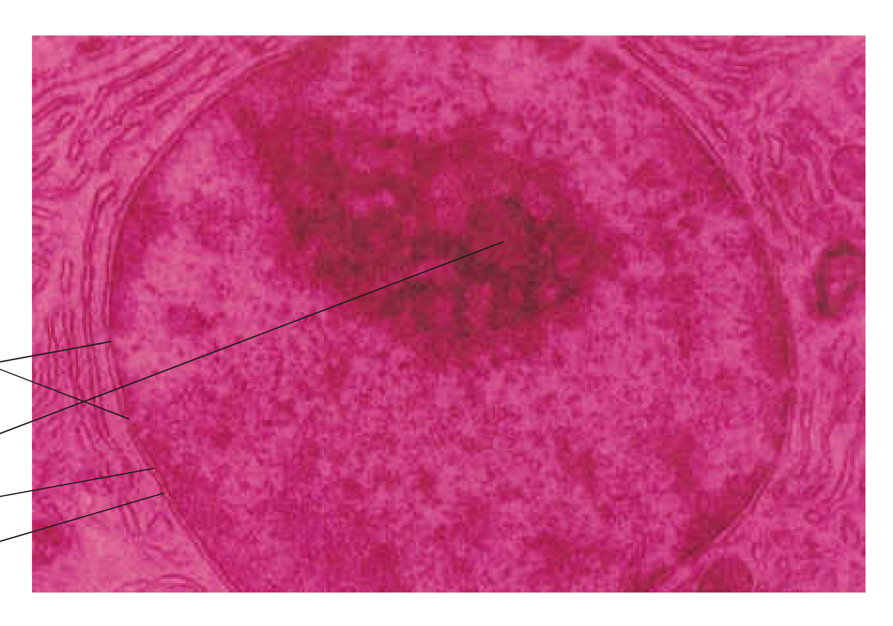
للأهدابِ والأسواطِ تركيبٌ داخليٌّ متشابه. لاحظْ في الشكلِ 3-14 أنَّ كلا العُضيّينِ يتألّفُ من تسعةِ أزواجٍ منَ الأنيبيباتِ الدقيقةِ التي تحيطُ بزوجٍ مركزي.

الشكل 3-14
الأنيبيباتُ الدقيقةُ مكوِّناتٌ مهمةٌ بالنسبةِ للأهدابِ والأسواط. ويُظهِرُ المقطعُ العرضيُّ للهدبِ أنهُ مكوَّنٌ من تسعةِ أزواجٍ من الأُنَيْبيباتِ الدقيقةِ تحيطُ بزوجٍ مركزي. وللسوطِ تركيبةٌ شبيهة. (م.أ.ن x 38,000 يمينًا x 396,000 يسارًا)

النـواة

تُعتبرُ النواةُ Nucleus، غالبًا، التركيبَ الأكثرَ بروزًا داخلَ الخليةِ حقيقيةِ النواة. وهيَ





الشكل 3-15
النواةُ هيَ أبرزُ العُضيّاتِ في معظمِ الخلايا حقيقيةِ النواة. وهيَ محاطةٌ بغشاءٍ مزدوجٍ ذي ثقوبٍ تسمحُ بتبادلِ الموادِّ بينَ النواةِ والسيتوسول. وفي داخلِ النواةِ نُوَيَّةٌ تشكّلُ المكانَ الذي تُصنعُ فيهِ الرايبوسومات قبلَ أن تُنقلَ إلى السيتوسول. (م.أ.ن 360,734 x)

تحافظُ على شكلِها بمساعدةِ هيكلٍ بروتينيٍّ يُسمّى **الحشوةَ النووية Nuclear matrix**. وكما هوَ مبيّنٌ في الشكلِ 3-15، فإنَّ النواةَ مغلَّفةٌ بغشاءٍ مزدوجٍ يُسمّى **الغلافَ النووي Nuclear envelope**. توجدُ داخلَ الغلافِ النوويِّ خيوطٌ دقيقةٌ منَ **الكروماتين Chromatin**، وهوَ مادةٌ مركّبةٌ منَ الحمضِ النوويِّ منقوصِ الأُكسجين DNA ومنَ البروتين. عندَ بَدْءِ انقسامِ الخليةِ، تلتفُّ خيوطُ الكروماتين، فتتراصُّ وتتكثّفُ لتُشكّلَ **الكروموسومات Chromosomes**.

تُخزّنُ النواةُ المعلوماتِ الوراثيةَ في حمضِها النوويِّ منقوصِ الأُكسجين DNA. وتحتوي النواةُ على حمضٍ نوويٍّ آخرَ يشرفُ على بنائِهِ DNA، هوَ الحمضُ النوويُّ الرايبوزي RNA. يلعبُ الـ RNA دورًا في توجيهِ عمليةِ تركيبِ البروتيناتِ التي تتمُّ في السيتوسول. هذا الأمرُ يستوجبُ مرورَ الحمضِ النوويِّ الرايبوزي منَ النواةِ إلى السيتوسولِ قبلَ أن يصبحَ قادرًا على توجيهِ بناءِ البروتينات. يمرُّ هذا الحمضُ عبرَ **الثقوبِ النووية Nuclear pores**، وهيَ ثقوبٌ صغيرةٌ موجودةٌ في الغلافِ النوويّ. وتحتوي معظمُ النّوى أيضاً على جسمٍ كرويٍّ واحدٍ، على الأقلّ، يسمّى **النُّويّة Nucleolus**. والنُّوَيّةُ هيَ الموقعُ الذي تتكوّنُ فيهِ الرايبوسوماتُ، قبلَ اجتيازِها الثقوبَ النوويةَ إلى السيتوسول. تَظهرُ الثقوبُ النوويةُ والنويةُ جليةً في الشكلِ 3-15.

جذرُ الكلمةِ وأصلُها

كروموسوم
Chromosome
منَ اليونانيةِ chroma ومعناها «لون»،
soma ومعناها «جسم»

خلايا النبات

توجدُ معظمُ العُضيّاتِ وأجزاءِ الخليةِ الأخرى، التي وصفناها في ما تقدَّمَ، في كلِّ الخلايا حقيقيةِ النواة. لكنْ منَ الممكنِ أن تضمَّ خلايا النباتِ ثلاثةَ أنواعٍ إضافيةٍ منَ التراكيب، هيَ في غايةِ الأهميةِ بالنسبةِ لوظائفِ الخليةِ، وهيَ الجدرانُ الخلويةُ Cell walls والفجواتُ الكبيرةُ Vacuoles والبلاستيدات Plastids.

الجدارُ الخلوي

الخلايا النباتيةُ مُغطّاةٌ **بجدارٍ خلوي Cell wall** صُلْبٍ يقعُ خارجَ الغشاءِ الخلوي.

تساعدُ صلابةُ الجدارِ في دعمِ النبتةِ وحمايتِها. وتحتوي الجدرانُ الخلويةُ على سلاسلَ من السلّيلوزِ طويلة. السلّيلوزُ هوَ أحدُ الكربوهيدراتِ المركَّبةِ، وقد قرأتَ عنهُ في الفصل 2. يتداخلُ السلّيلوزُ معَ بروتيناتٍ وكربوهيدراتٍ أخرى تجعلُ الجدارَ الخلويَّ بأكملِهِ صُلبًا. وتسمحُ ثقوبٌ موجودةٌ في الجدارِ الخلويِّ بدخولِ الأيوناتِ والجزيئاتِ إلى الخليةِ والخروجِ منها.

يبيِّنُ الشكلُ 3-16 نوعينِ منَ الجدرانِ الخلويةِ الابتدائيةِ والثانوية. ينشأُ الجدارُ الخلويُّ الابتدائيُّ Primary cell wall، خلالَ تكوُّنِ الخليةِ، خارجَ الغشاءِ الخلويِّ مباشرة. أثناءَ نموِّ الخليةِ بالطول، يُضاف إلى الجدارِ الخلويِّ سلّيلوزٌ وجزيئاتٌ أخرى، الأمرُ الذي يؤدّي إلى زيادةِ حجمِه. وقد يتكوّنُ جدارٌ خلويٌّ ثانويٌّ Secondary cell wall عندما تبلغُ الخليةُ حجمَها النهائيَّ، كما ترى في الشكل 3-16. إنَّ الجدارَ الثانويَّ للخليةِ خشبيٌّ ومتينٌ، لذلكَ يتوقّفُ نموُّ الخليةِ عندَ اكتمالِ هذا الجدار. عندَ التقاطِك قطعةً من الخشبِ، فإنكَ تمسكُ الجدرانَ الخلويةَ الثانوية. فالخلايا داخلَ هذهِ الجدرانِ قد ماتتْ وتفتّتتْ.



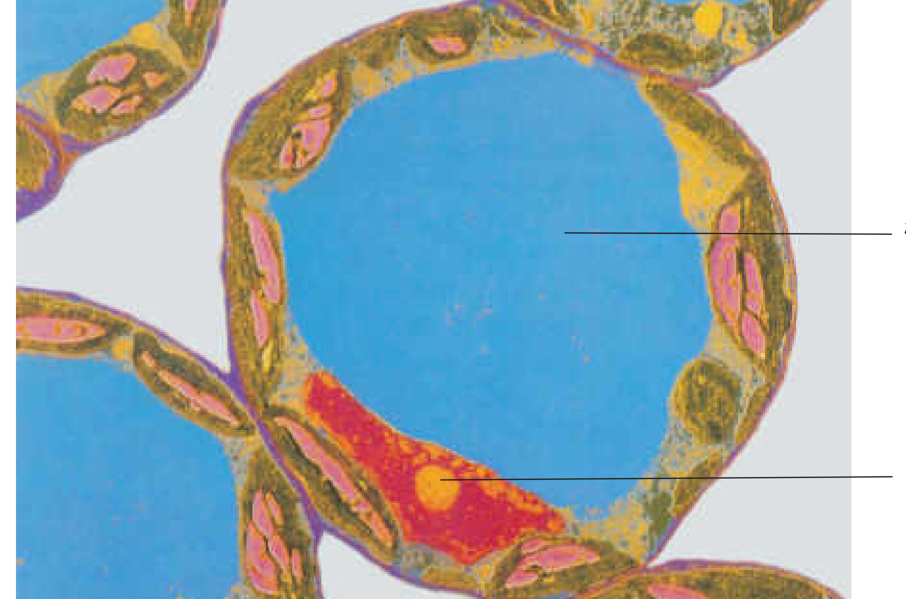
الشكل 3-16
لكلٍّ منَ الخليتينِ النباتيتينِ الظاهرتينِ في الصورةِ جدرانُها الخلويةُ الابتدائيةُ والثانوية. تُبنى الجدرانُ الابتدائيةُ أوّلاً، ثم تُبنى الجدرانُ الثانويةُ لاحقًا داخلَ الجدرانِ الابتدائية. (م.أ.ن 12.750 x)

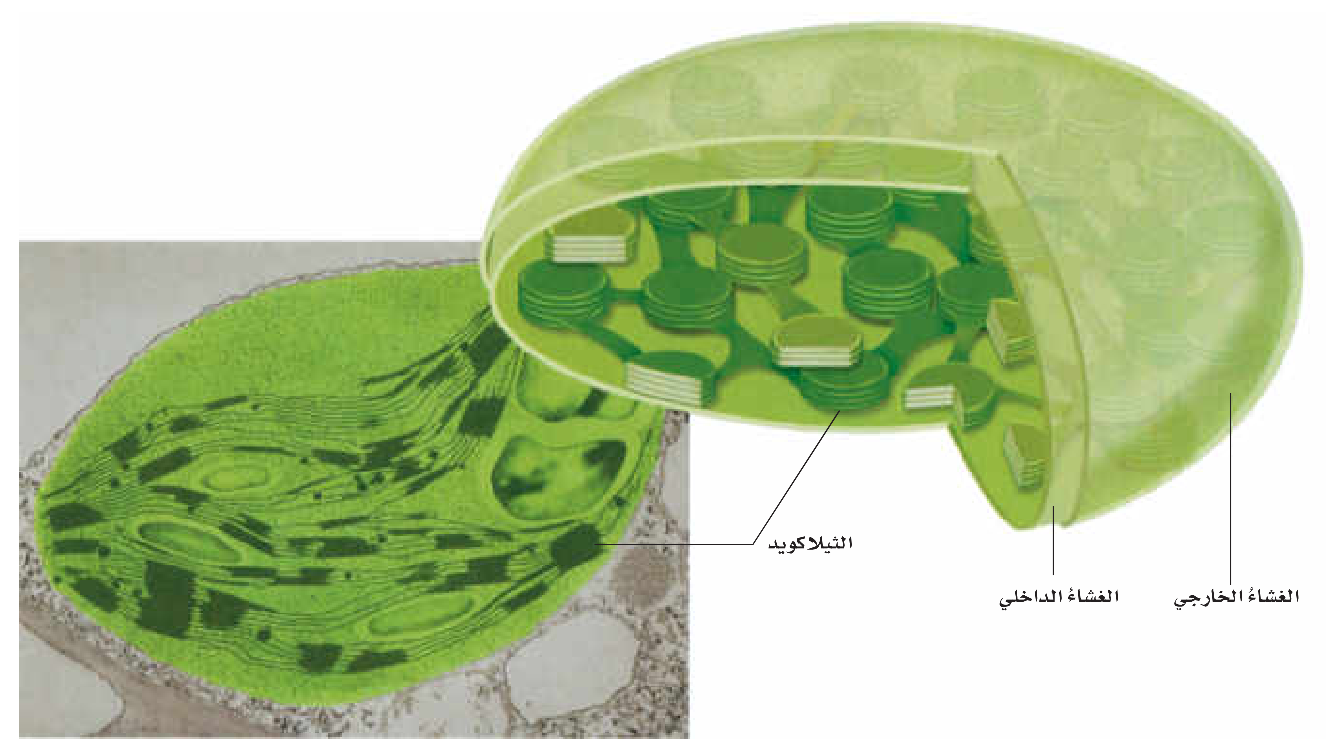
الفَجَوات

الفَجَواتُ Vacuoles هيَ ثاني الميزاتِ المشتركةِ بينَ الخلايا النباتية. فهذهِ العُضيّاتُ المليئةُ بالسائلِ تُخزِّنُ بعضَ الأنزيماتِ ونفاياتِ الأيض. غالبًا ما تكونُ الفجواتُ كبيرةَ الحجمِ، كما يُظهرُها الشكلُ 3-17. تشغَلُ بعضُ الفجواتِ 90 % من حجمِ الخليةِ، وتدفعُ العُضيّاتِ الأخرى كافةً نحوَ الغشاءِ الخلوي. وبما أنَّ بعضَ النفاياتِ المختزنةِ داخلَ الفجواتِ سامّةٌ، وجبَ أن تبقى معزولةً عن باقي الخليةِ، لكنَّ تخزينَها ينفعُ النباتاتِ من نواحٍ أخرى. فعلى سبيلِ المثال، توفِّرُ السمومُ التي تخزِّنُها فجواتُ خلايا بعضِ أشجارِ السنط Acacia وسيلةَ دفاعٍ ضدَّ الحيواناتِ من أكلةِ النبات. وتوجَدُ بعضُ الخلايا غيرِ النباتيةِ التي تحتوي على فجوات، إلاّ أنَّ هذهِ الفجواتِ صغيرةٌ جدًّا.



الشكل 3-17
تشغَلُ معظمَ حجمِ الخلايا النباتيةِ فَجواتٌ كبيرةٌ تقعُ في وسطِ الخلايا. وتنحصرُ العُضيّاتُ الباقيةُ ضمنَ إطارٍ دقيقٍ منَ السيتوسول حولَ محيطِ الخلية. (م.أ.ن 4,180 x)





الشكل 3-18
البلاستيداتُ الخضراءُ محاطةٌ بغشاءٍ مزدوجٍ مثلِ الميتوكوندريا والنواة. وتحتوي الثيلاكويداتُ، الموجودةُ داخلَ البلاستيداتِ الخضراءِ، على أصباغٍ معنيّةٍ بالبناءِ الضوئي. (م.أ.ن 14,648 x)

البلاستيدات

يُعَدُّ وجودُ **البلاستيداتِ Plastids** داخلَ الخليةِ الميزةَ الثالثةَ للخليةِ النباتية. والبلاستيداتُ عُضيّاتٌ محاطةٌ بغشاءٍ مزدوجٍ، مثلِ الميتوكوندريا والنواة. وهيَ تحتوي على الحمضِ النوويِّ منقوصِ الأكسجين DNA. كما أنَّ بعضَ البلاستيداتِ تُخزِّنُ نشاءً أو دهونًا، فيما تحتوي بلاستيداتٌ أخرى على مركّباتٍ أخرى تمتصُّ الضوءَ المرئيَّ تُدعى الأصباغ.

يُبيِّنُ الشكلُ 3-18 **البلاستيدةَ الخضراءَ Chloroplast**، وهذا النوعُ هوَ الأكثرُ شيوعًا بينَ البلاستيدات. تضمُّ كلُّ بلاستيدةٍ خضراءَ نظامًا من أكياسٍ غشائيةٍ مسطّحة تُسمّى **الثيلاكويدات Thylakoids**. والبلاستيدةُ الخضراءُ هيَ عُضيّةٌ في الخليةِ النباتيةِ تتحوّلُ في داخلِها طاقةُ ضوءِ الشمسِ إلى طاقةٍ كيميائيةٍ ضمنَ مركّباتٍ عضوية. يحدثُ هذا التحوُّلُ في الثيلاكويداتِ خلالَ عمليةِ البناءِ الضوئيّ (تجري دراستُها لاحقًا). تحتوي البلاستيداتُ الخضراءُ على كمياتٍ كبيرةٍ من صبغٍ أخضرَ يضفي على الأوراقِ لونَها الأخضر. وهناكَ أنواعٌ أخرى منَ البلاستيداتِ تخزّنُ أصباغًا مختلفةً تعطي الأزهارَ والثمارَ ألوانَها المتباينة.

مراجعةُ القسم 3-2

1. سمِّ المكوّناتِ الأساسيةَ الثلاثةَ للخليةِ حقيقيةِ النواة.
2. صفْ بإيجازٍ النموذجَ الفسيفسائيَّ المائعَ للغشاءِ الخلوي.
3. ميز بين النواة والنوية.
4. اذكرْ ثلاثةَ عُضياتٍ محاطةٍ بغشاءين.
5. ما السمةُ التركيبيةُ المشتركةُ بينَ الأهدابِ والأسواط؟
6. **تفكيرٌ ناقد** للخليةِ النباتيةِ جدارٌ خلويٌّ لا يوجدُ في الخليةِ الحيوانية. ما رأيكَ في هذا الأمر؟

اكتشافُ عالَمٍ جديد

من منظور تاريخي

ضمّتْ أولى المجاهرِ، التي صُنعتْ في حدودِ العام 1600 عدسةً واحدةً، كانت شبيهةً جدًا بالعدساتِ الكبيرةِ القوية. أما المجاهرُ المُركَّبةُ، التي تضمُّ عدستينِ أو أكثرَ فقد حققتْ تكبيرًا أقوى، لكنَّ صوَرها لم تكنْ واضحة. ظلتْ هذه المسألةُ المعروفةُ بالزيْغِ اللونيِّ Chromatic aberration بلا حلٍّ لأكثرَ من قرن. في تلكَ الأثناءِ، قامَ أنطون فان ليفنهوك Anton van Leeuwenhoek الذي عاشَ في هولندا بينَ العامين 1632 و1723، بصنعِ مئاتِ المجاهرِ البسيطةِ ذاتِ الجودةِ العالية. كانَ أولَ إنسانٍ يرى ويصفُ عالمَ الأوليّاتِ والبكتيريا المدهش.

لعبةٌ أمْ أداة؟

بعدَ انقضاءِ حواليّ 25 عامًا على بَدْءِ فان ليفنهوك بعمَلِهِ في المجاهرِ، أشارَ روبرت هوك، وهوَ عالمٌ زميلٌ، إلى أنَّ علماءَ قلائلَ، فضلاً عن فان ليفنهوك، اعتبَروا المجهرَ أداةً ضرورية. وقد كتبَ قائلاً: «لم أسمعْ بأحدٍ استخدمَ هذهِ الأداةَ لأيِّ غرض غيرِ اللهوِ والتسلية». اللهوُ والتسليةُ كلمتانِ لا ترتبطانِ عادةً بالمجهرِ، وهوَ أداةٌ أساسيةٌ للعملِ العلميِّ في هذهِ الأيامِ، ولا نكادُ نتخيّلُ عالِمًا أو طالبَ علومٍ من دونِها.

لمَ لمْ يستخدمِ المزيدُ منَ العلماءِ المجهرَ؟ السببُ الرّئيسُ هو أنَّ المجاهرَ البدائيةَ كانتْ ذاتَ نوعيةٍ متدنّيةٍ، في حين أنَّ الشخصَ المثابرَ والمجتهدَ وحدَهُ كان يراها ذاتَ فائدة. وقد كانَ فان ليفنهوك مثالَ هذا الشخص.

أمضى فان ليفنهوك، الذي كانَ تاجرَ أقمشةٍ، معظمَ وقتِهِ في ممارسةِ النشاطِ العلميِّ كهواية. وكانَ المجهرُ بالنسبةِ إليه أداةً قيّمةً جدًّا. صقلَ فان ليفنهوك عدساتِهِ ذاتَ الجودةِ العاليةِ، التي زادتْ على 400 خلالَ حياتِه، وثبّتَها بين



انطون فان ليفنهوك

صفيحتينِ نحاسيتينِ رقيقتين. وقد حقّقتْ هذهِ العدساتُ تكبيرًا للأشياءِ ما بينَ 50 مرّةً و300 مرّة. ولم يعرفْ فان ليفنهوك الكَلَلَ وهوَ يُحدِّقُ عبْرَ العدساتِ ويقومُ باستكشافاتِهِ عنِ الحيواناتِ والنباتاتِ والكائناتِ الدقيقة.

ظلَّ فان ليفنهوك طوالَ 50 عامًا، بدءًا من عامِ 1673، يبعثُ رسائلَ إلى الجمعيةِ الملكيةِ البريطانيةِ Society British Royal يصفُ فيها مشاهداتِهِ المجهرية. وقد نُشرتْ معظمُ هذهِ الرسائلِ في مجلةِ Transactions Philosophical. وَصَفَتْ أولى رسائلِ فان ليفنهوك ما دعاهُ الحُوَيّنات Animalcules، التي نعرفُها اليومَ باسمِ الأوليّاتِ الحيوانية. وقد وضّحَ أنَّهُ وجدَها

«في المطرِ الذي استقرَّ لأيامٍ قليلةٍ في وعاءٍ جديد... رأيتُ، بعدَ ملاحظاتٍ متنوّعة، أنَّ أجسامَها مكوّنةٌ من 5 أو 6 أو 7 أو 8 كُريّاتٍ صغيرةٍ صافية».

قال إنَّ حويناتِهِ، في بعضِ الأوقاتِ، قد «أبرزتْ قرنينِ صغيرينِ كانا يتحرّكانِ باستمرارٍ مثلَ أُذنَي حصان».

وسيُسمّي العلماءُ تلك الحُوَيّناتِ فيما بعد فورتيسلا Vorticella، ويسمّونَ القرنينِ الصغيرينِ الأهدابَ أو الشعيراتِ الدقيقة.

أبو علمِ الكائناتِ الدقيقة

تفحّصَ فان ليفنهوك مئاتِ الأشياءِ، بما فيها عدساتُ العيونِ وخيوطُ العضلاتِ وأجزاءُ أفواهِ الحشرات، وتراكيبُ النباتِ التفصيليةُ، والعديدُ منَ الأولياتِ والبكتيريا الموجودةِ في ماءِ المطرِ والبِركِ والآبارِ واللعابِ وسوائلَ أخرى.

وقد كانَ أوّلَ من وصفَ خلايا الدمِ الحمراءَ بدقّة.

تفحّصَ فان ليفنهوك أيضًا الحيواناتِ المنويةَ عند الانسان والحيوان، وصاغَ تخميناتٍ صحيحةً والحيوان، وصاغَ تخميناتٍ صحيحةً عن عمليةِ التكاثرِ لدى الحيوانات، معَ العلم أنَّ عمليةَ الإخصابِ لم تُرَ تحتَ المجهرِ قبلَ القرنِ التاسعَ بحجمِها أيضًا. فمثلاً قدّرَ ليفنهوك أنَّ 100 خليةِ دم إنسان حمراءَ متراصفةً تقاربُ عرضَ حبّةٍ منَ الرملِ الخشنِ، ما يعني أنَّ قُطْرَ كلِّ خليةٍ حمراءَ يبلغُ حواليْ $8.5\ \mu m$. هذا الرقمُ قريب جدًا منَ القياسِ الفعلي.

وقامَ ليفنهوك، بالإضافةِ إلى الكتابةِ عن ملاحظاتِهِ، برسمِ ما رآه. وهوَ في



في العام 1674 أرسلَ فان ليفنهوك قطعةً منَ الفلّين معَ نماذجَ أخرى إلى الجمعيةِ الملكيةِ البريطانية. تُبيّنُ هذهِ الصورةُ ما كانَ يمكنُ أن تبدوَ عليهِ قطعةُ الفلينِ من خلالِ أقوى مجاهرِ فان ليفنهوك.

وقد أثبتَتْ ملاحظاتُهُ بُطلانَ النظريةِ التي سادتْ لمدةٍ طويلة، أي نظريةَ الخلقِ التلقائيِّ Spontaneous generation، وهيَ فكرةٌ تقولُ بإمكانيةِ ولادةِ الأحياءِ من موادَّ غيرِ حيّة. على سبيلِ المثالِ، اعتقدَ البعضُ أنَّ البراغيثَ تنشأُ مِنَ الرملِ أوِ الغبارِ، لكنَّ فان ليفنهوك رفضَ الفكرةَ في رسالتِهِ إلى الجمعية الملكية، حينَ وصفَ نموَّ البرغوثِ بدقّةٍ متناهية.

إنَّ قدراتِ ليفنهوك الهائلةَ على الملاحظةِ مكّنتهُ من إصدارِ أحكامٍ دقيقةٍ لا تتعلّقُ بتركيبِ الأشياءِ فحسب، بل الحقيقةِ أوّلُ من رسمَ البكتيريا. وقدْ نُشِرَ هذا الرسمُ في مجلةِ Philosophical Transaction في العامِ 1683. وبفضلِ دراستِهِ للكائناتِ الدقيقةِ، غالبًا ما يُعرَفُ فان ليفنهوك بـ أبو علمِ الكائناتِ الدقيقة.

ما بعد فان ليفنهوك

بالرغمِ من أنَّ فان ليفنهوك نشرَ تقاريرَ عن اكتشافاتِهِ المتعدّدةِ، ظلَّ المجتمعُ العلميُّ سنينَ عديدةً غافلاً عن تقديرِ أهميةِ المجهرِ، حتى كانَ العامُ 1733 حينَ وجدَ هاوي بصريّاتٍ يُدعى تشستر مور هول Chester Moor Hall طريقةً لحلِّ مسألةِ الزيغِ اللونيِّ في العدساتِ المُركَّبة. وفي العامِ 1774 طُبِّقتْ هذهِ التقنيةُ على المجاهر. وتوفّرتْ في عشرينيّاتِ القرنِ التاسعَ عشر أنواعٌ جديدةٌ منها. وحملتْ أعوامُ القرنينِ التاسعَ عشرَ والعشرينَ تحسيناتٍ متواترة. فقد تمَّ في العامِ 1931 اختراعُ أولِ مجهرٍ إلكترونيٍّ. وفي العامِ 1981 بدأ المجهرُ النفقيُّ الماسحُ Scanning Tunneling Microscope في كشفِ الأشياءِ ذرَّةً إثْرَ ذرَّة. وفي الوقتِ الحاضرِ يعتمدُ العملُ في علمِ الكائناتِ الدقيقةِ Microbiology، وعلمِ الأولياتِ (الطلائعيات) Protozoology، وعلمِ البكتيريا Bacteriology، وفي حقولٍ أخرى، على مجاهرَ متقدّمةٍ، متحدِّرةٍ من تلكَ العدساتِ البسيطةِ التي رأى فان ليفنهوك بواسطتِها «الحُوَيْنَاتِ» لأولِ مرّة.



يتألّفُ مجهرُ فان ليفنهوك من عدسةٍ واحدة. وضعَ ليفنهوك قطرةً صغيرةً من سائلٍ معينٍ على رأسِ قطعةٍ حادّةٍ دقيقةٍ، وحدّقَ عبْرَ عدستِهِ، ليلاحظَ العالَمَ الدقيقَ المُخبّأَ في السائل. استطاعَ فان ليفنهوك تقريبَ القطعةِ منَ العدسةِ بتدويرِ مسمارٍ لولبيٍّ، بحيثُ رأى الشيءَ بوضوح.

القســـم

3-3

النواتجُ التعليميّة

▲ يميّزُ بينَ الأنسجةِ والأعضاءِ والأجهزة.

■ يصفُ سماتِ كائنٍ حيٍّ مستعمري.

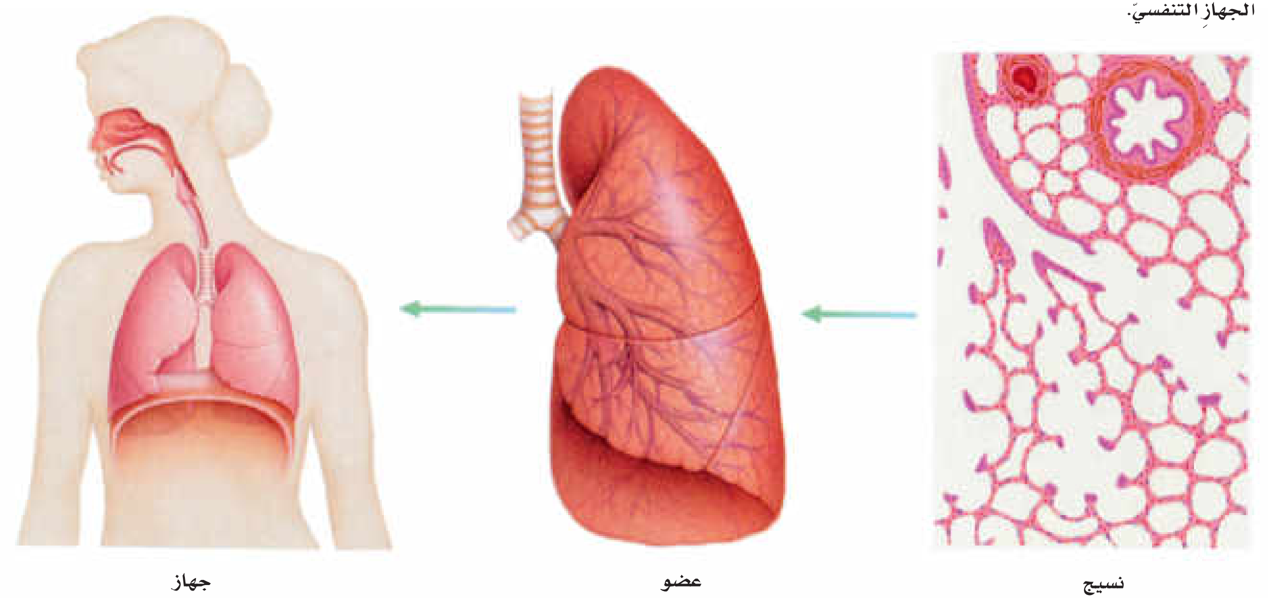
التنظيمُ في الكائناتِ عديدةِ الخلايا

تقومُ الخليةُ الواحدةُ في الكائناتِ أحاديةِ الخليةِ بجميعِ الوظائفِ الحيوية. وبالمقارنةِ، فإنَّ معظمَ الخلايا في الكائناتِ عديدةِ الخلايا متخصّصةٌ في القيامِ بعملٍ واحدٍ أو ببضعةِ أعمال. لذا تعتمدُ الخلايا في هذهِ الكائناتِ على خلايا أخرى في الكائنِ من أجلِ البقاء.

الأنسجةُ والأعضاءُ والأجهزة

تنتظمُ خلايا معظمِ الكائناتِ عديدةِ الخلايا في **أنسجةٍ Tissues**، أو مجموعاتٍ منَ الخلايا التي تنفّذُ وظيفةً بعينِها. فالنسيجُ الطلائيُّ Epithelial tissue عندَ الحيواناتِ مكوَّنٌ من طبقاتٍ منَ الخلايا المتراصّةِ التي تُشكّلُ أغطيةً سطحية، كالغشاءِ الخارجيِّ للجلدِ، والغشاءِ المُبطِّنِ لداخلِ الأنف. وتقومُ الخلايا المتفرقةُ في الأنسجةِ الضامّةِ Connective tissue، بشكلٍ أساسيٍّ، بدعمِ الأنسجةِ الأخرى وربطِها ببعضِها. وتُشكِّلُ الخلايا التي تشدُّ بعضَها، عن طريقِ الانقباض، النسيجَ العضليَّ Muscular tissue. أما الخلايا المتخصّصةُ في النقلِ السريعِ للسَّيالاتِ العصبيةِ فتكوِّنُ النسيجَ العصبيَّ Nervous tissue.

إنَّ الأنواعَ المتعدّدةَ منَ الأنسجةِ، التي تتعاونُ فيما بينَها لتأديةِ وظيفةٍ مُحدَّدةٍ، تُشكِّلُ **عضوًا Organ**. والمعدةُ هيَ مثالُ العضو. تقومُ أنسجةُ عضلاتِ المعدةِ بتوليدِ الحركةِ، ويفرزُ النسيجُ الطلائيُّ الأنزيمات، وتُبقي الأنسجةُ الضامّةُ المعدةَ متماسكةً، وينقلُ النسيجُ العصبيُّ السَّيَالاتِ العصبيةَ جيئةً وذَهابًا بينَ المعدةِ والدماغ.



الشكل 3-19
يكوّنُ نسيجٌ إسفنجيٌّ الأكياسَ الهوائيةَ التي تكوّنُ بدورها الرئة. والرئةُ عضوٌ يشكّلُ أحدَ أجزاءِ الجهازِ التنفسيّ.

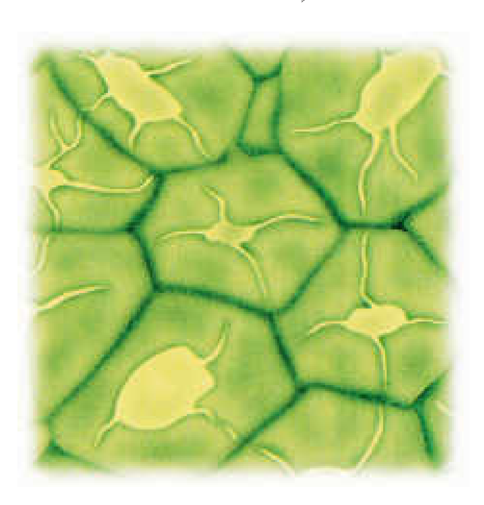
إنَّ الحيواناتِ جميعًا، باستثناءِ الأنواعِ الأبسطِ، تتشكّلُ من أعضاء.

يتكوّنُ **الجهازُ System** من مجموعةِ أعضاءٍ تعملُ معًا لتنفيذِ مجموعةٍ منَ المهامِّ المُتعلّقةِ ببعضِها. فعلى سبيلِ المثالِ، الفمُ والمريءُ والمعدةُ والأمعاءُ وبضعةُ أعضاءٍ أخرى تكوِّنُ جميعُها الجهازَ الهضميّ. وكلٌّ من هذهِ الأعضاءِ يُنفِّذُ وظيفةً مُحدَّدةً في العمليةِ المُعقَّدةِ لهضمِ الطعام. يُبيِّنُ الشكلُ 3-19 العلاقةَ بينَ الأنسجةِ والأعضاءِ في جهازٍ آخرَ، هوَ الجهازُ التنفسيّ.

تتفاعلُ الأجهزةُ المختلفةُ، في الكائنِ عديدِ الخلايا، لتنفيذِ العملياتِ الحيوية. فالجهازُ الهضميُّ مثلاً يستخرجُ الموادَّ الغذائيةَ منَ الأطعمةِ، فيما يحصُلُ الجهازُ التنفسيُّ على الأُكسجينِ منَ البيئةِ المحيطةِ، ويتخلَّصُ من ثاني أُكسيدِ الكربون. ولا يمكنُ لأيٍّ من أجهزةِ الجسمِ أن يحيا من دونِ الأجهزةِ الأخرى.

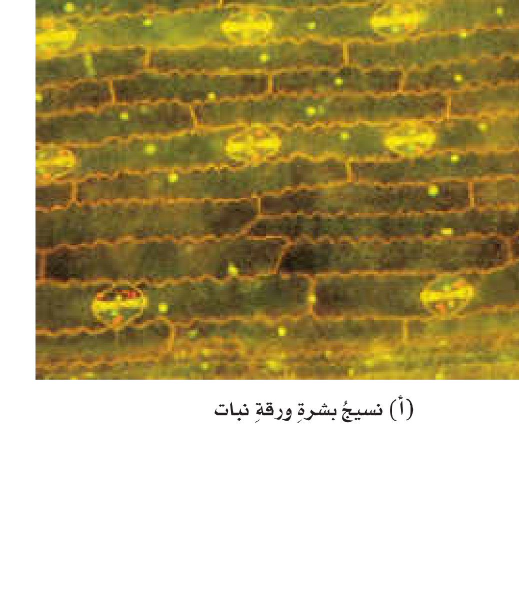
تمتلكُ النباتاتُ أيضًا أنسجةً وأعضاءً، إلاّ أنَّ تنظيمَها يختلفُ نوعًا ما عمّا هوَ عليهِ لدى الحيوانات. ويُشكِّلُ نسيجُ البشرة Dermal tissue، الشكل 3-20أ، الطبقةَ الخارجيةَ للنبات. يشغَلُ النسيجُ الأساسيُّ، الشكل 3-20ب، الحيِّزَ الأكبرَ منَ الجذورِ والجذوع. ويقومُ النسيجُ الوعائيُّ Vascular tissue، الشكل 3-20ج، بنقلِ الماءِ عبرَ النبتة. أما الأعضاءُ لدى النباتِ فأربعةٌ: الجذورُ والجذوعُ والأوراقُ والأزهار.

الشكل 3-20
أنسجةُ نباتٍ مختلفة



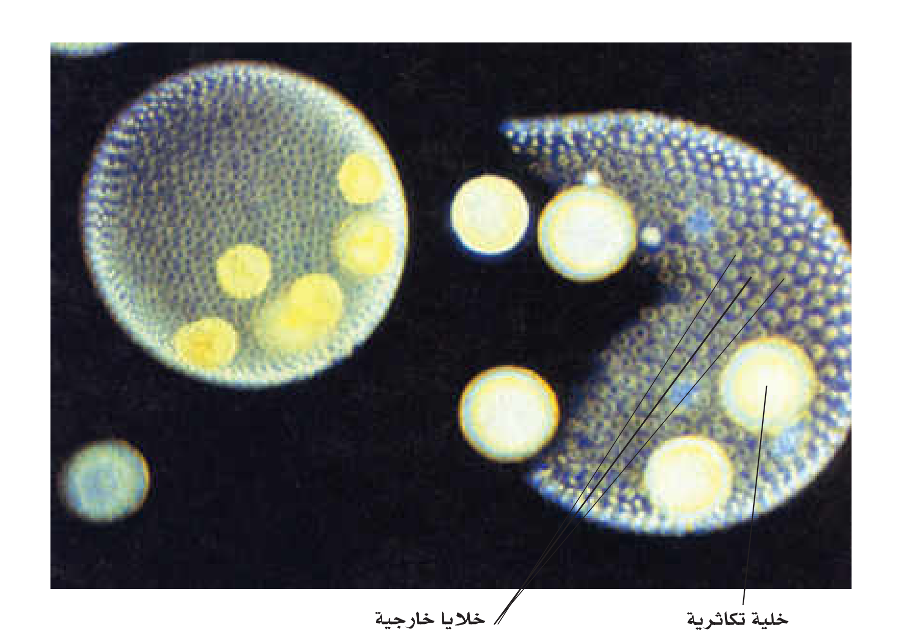
(ب) نسيجٌ أساسيٌ في النبات

(أ) نسيجُ بشرةِ ورقةِ نبات



(ج) نسيجٌ وعائي

الشكل 3-21
تتكوّنُ مستعمراتٌ فولفوكسٍ جديدةٌ داخلَ مستعمراتٍ قديمة، وتنطلقُ حينَ تنفجرُ المستعمرةُ القديمة (م.ض 105 x).



التنظيماتُ المستعمَرية

يمكنُ لبعضِ الكائناتِ أحاديةِ الخليةِ وحقيقيةِ النواةِ أن تعيشَ في مجموعاتٍ أو مستعمَرات. تُسمَّى جماعاتُ الخلايا المتطابقةُ هذهِ **الكائناتِ المستعمَريّة Colonial organisms**. طحلبُ الفولفوكسِ Volvox المبيَّنُ في الشكل 3-21 هوَ مثالٌ على الكائناتِ المستعمَرية. تضُمُّ كرةُ الفولفوكسِ الفارغةُ من 500 إلى 60,000 خليةٍ. وكلُّ خليةٍ، تحافظُ على وجودِها الذاتيّ. يقومُ العديدُ من هذهِ الخلايا بوظائفَ محدّدةٍ تفيدُ المستعمَرةَ بأكملِها. فالخلايا الخارجيةُ تستخدمُ أسواطَها لتدفعَ بالمستعمرةِ عبرَ الماء. والقليلُ من باقي الخلايا متخصِّصٌ بالتكاثر. تقعُ الكائناتُ المستعمَريةُ كالفولفوكسِ بينَ مجموعةِ الكائناتِ أحاديةِ الخليةِ والكائناتِ عديدةِ الخلايا الحقيقية. فهيَ، بالرغمِ من افتقارِها إلى الأنسجةِ والأعضاءِ، تُظهرُ مبدأَ تخصّصِ الخلايا.

مراجعةُ القسم 3-3

1. ما النسيج؟
2. ما العضو؟
3. أعطِ مثلاً على جهازٍ، وسمِّ بعضَ مكوّناتِه.
4. سمِّ أجهزةَ النباتِ النسيجيةَ وأعضاءَها.
5. إلى أيِّ مدًى تكونُ الخلايا المنفردةُ في مستعمرةِ الفولفوكسِ غيرَ معتمدةٍ على بعضِها؟
6. **تفكيرٌ ناقد** تنمو بعضُ الطحالبِ الخضراءِ على الشكلِ التالي: تنقسمُ النواةُ دونَ أن تتكوّنَ جدرانٌ خلويةٌ بينَ الخليةِ الأمِّ والخلايا الناتجة. هل تعتبرُ هذهِ الطحالبُ كائناتٍ أُحاديةَ الخليةِ، أم كائناتٍ عديدةَ الخلايا؟ اشرحْ إجابتك.

مراجعةُ الفصل 3

ملخّصٌ / مفردات

1-3

- الخليّةُ هيَ أصغرُ وحدةٍ حيةٍ قادرةٍ على تأديةِ جميعِ العملياتِ الحيوية. وما طرأ على المجهرِ من تطورٍ مكّنَ العلماءَ منَ الاطّلاعِ لأولِ مرّةٍ، عن كثبٍ، على الخلايا.
- بنودُ النظريةِ الخلويّةِ هيَ (1) كلُّ الكائناتِ الحيّةِ مكوَّنةٌ من خليّةٍ واحدةٍ أو أكثر (2) الخلايا هيَ الوحداتُ التركيبيةُ والوظيفيةُ في الكائنِ الحيّ (3) الخلايا تنشأُ، فقط، عن انقسامِ خلايا أخرى كانتْ موجودةً سابقًا.
- نسبةُ المساحةِ السطحيةِ إلى الحجمِ تُحدِّدُ مدى الكِبَرِ الذي يُمكنُ أن تبلغَهُ الخليّة.
- شكلُ الخليّةِ يعكِسُ وظيفتها.
- الخلايا حقيقيةُ النواةِ تحتوي على نواةٍ وعُضيّاتٍ محاطةٍ بأغشيةٍ لا نجدُها في الخلايا بدائيةِ النواة.

مفردات

- (47) Cell الخليّة
- (49) Organelle العُضيّ
- (50) Cell membrane الغشاءُ الخلويّ
- (50) Prokaryote الكائنُ بدائيُّ النواة
- (50) Eukaryote الكائنُ حقيقيُّ النواة
- (47) Cell theory النظريةُ الخلويّة
- (50) Nucleus النواة

2-3

- الغشاءُ الخلويُّ يتمتّعُ بنفاذيةٍ انتقائيةٍ، ويتألّفُ بمعظمِهِ منَ الدهونِ والبروتينات. تتحرّكُ هذهِ الموادُّ باستمرارٍ ضمنَ الغشاءِ، وفقًا لما يفترضُهُ النموذجُ الفسيفسائيُّ المائع.
- الميتوكوندريا عُضيّاتٌ تتحوَّلُ في داخلِها طاقةُ المُركَّباتِ العضويةِ إلى أدينوسين ثلاثيِّ الفوسفات ATP.
- الرايبوسوماتُ تسهمُ في بناءِ البروتينات. بعضُها يكونُ طليقًا داخلَ السيتوسول، وبعضُها الآخرُ يلتصقُ بالشبكةِ البلازميةِ الداخليةِ الخشنةِ التي تهيِّءُ البروتيناتِ إما للخروجِ منَ الخليةِ أو للاندماجِ في الغشاءِ الخلويّ. أما الشبكةُ البلازميةُ الداخليةُ الملساءُ فهيَ خاليةٌ منَ الرايبوسومات.
- جهازُ جولجي هوَ عُضيُّ الخليّةِ الذي يقومُ بإعدادِ وتعديلِ وإفرازِ الموادِّ المصنَّعةِ داخلَ الخلية.
- الليسوسوماتُ تحتوي على أنزيماتٍ تحليليةٍ تهضِمُ المُركّباتِ العضويةَ والأجزاءَ القديمةَ منَ الخليةِ وموادَّ أخرى.
- الهيكلُ الخلويُّ يتضمَّنُ خيوطًا وأُنَيْبيباتٍ دقيقةً مكوّنةً من بروتيناتٍ تساعدُ الخليّةَ على الحركةِ، وتحافظُ على شكلِها.
- الأهدابُ والأسواطُ تساعدُ الخليّةَ على الحركة.
- النواةُ مغلَّفةٌ بغشاءٍ مزدوجٍ، وتحتوي على الكروماتين. والكروماتينُ مزيجٌ منَ الحمضِ النوويّ منقوصِ الاكسجين DNA ومنَ البروتين. الـ DNA يخزّنُ المعلوماتِ الوراثية، ويوجِّهُ عمليةَ بناءِ الحمضِ النوويِّ الرايبوزيِّ RNA الذي يوجِّهُ بدورِهِ عمليةَ بناءِ البروتيناتِ في السيتوسول.
- خلايا النباتِ تحتوي على ثلاثةِ تراكيبَ غيرِ موجودةٍ في خلايا الحيوانِ هيَ: الجدرانُ الخلويةُ، والفَجَواتُ الكبيرة، والبلاستيدات.
- الجدارُ الخلويُّ الصُّلبُ يغلِّفُ غشاءَ الخليّةِ النباتيةِ، ويؤمِّنُ لها الدعمَ والحماية.
- الفَجَواتُ المملوءةُ بالسائلِ تُخزِّنُ بعضَ الأنزيماتِ ونفاياتِ خلايا النبات.
- البلاستيداتُ تخزِّنُ النشاءَ والدهونَ والأصباغَ في خلايا النبات. والبلاستيدةُ الخضراءُ، تُشكِّلُ الموقعَ الذي تتحوَّلُ فيهِ الطاقةُ الضوئيةُ إلى طاقةٍ كيميائيةٍ، خلالَ عمليةِ البناءِ الضوئي.

مفردات

- (57) Actin الأكتين
- (57) Microtubule الأنيبيبُ الدقيق
- (52) Integral protein البروتينُ الغائر
- (52) Peripheral protein البروتينُ الطرَفيّ
- (61) Plastid البلاستيدة
- (61) Chloroplast البلاستيدةُ الخضراء
- (59) Nuclear pore الثقبُ النوويّ
- (61) Thylakoid الثيلاكويد
- (59) Nuclear pore الجدارُ الخلويّ
- (56) Golgi apparatus جهازُ جولجي
- (58) Nuclear matrix الحشوةُ النوويّة
- (57) Microfilament الخيطُ الدقيق
- (57) Spindle fiber خيطُ المغزل
- (51) Selectively permeable ذو النفاذيّةِ الانتقائية
- (55) Ribosome الرايبوسوم
- (57) Flagellum السوط
- (53) Cytoplasm السيتوبلازم
- (53) Cytosol السيتوسول
- (55) Endoplasmic reticulum الشبكةُ البلازميةُ الداخلية
- (56) Rough endoplasmic reticulum الشبكةُ البلازميةُ الداخليةُ الخشنة
- (56) Smooth endoplasmic reticulum الشبكةُ البلازميةُ الداخليةُ الملساء
- (54) Cristae العُرُف
- (58) Nuclear envelope الغلافُ النوويّ
- (60) Vacuole الفَجْوة
- (59) Chromatin الكروماتين
- (59) Chromosome الكروموسوم
- (56) Lysosome الليسوسوم
- (54) Mitochondrion الميتوكوندريون
- (53) Fluid mosaic model النموذجُ الفسيفسائيُّ المائع
- (59) Nucleolus النُّوَيّة
- (57) Cilium الهدب
- (57) Cytoskeleton الهيكلُ الخلويّ

3-3 ■ تنتظمُ الخلايا، في معظمِ الكائناتِ عديدةِ الخلايا، في أنسجةٍ وأعضاءٍ وأجهزة.

■ الكائنُ المستعمَريُّ هوَ مجموعةُ خلايا متطابقةٍ وراثيًّا تعيشُ معًا في مجموعاتٍ مرتبطةٍ ببعضِها. عددٌ من هذهِ الخلايا متخصِّصٌ بالقيامِ بوظائفَ محددةٍ كالتكاثرِ والتنقُّل.

مفردات

الجهاز System (65)

العضو Organ (64)

الكائنُ المستعمري Colonial organism (66)

النسيج Tissue (64)

مراجعة

مفردات

1. قارنْ بينَ الغشاءِ الخلويِّ والجدارِ الخلويِّ، من حيثُ التركيبُ والوظيفة.
2. ماذا تعني هذهِ الكلماتُ: سيتوبلازم، سيتوسول، هيكلٌ خلوي؟
3. وضّحِ العلاقةَ بينَ الأُنَيْبيباتِ الدقيقةِ والأهدابِ والأسواط.
4. عيِّنِ الكلمةَ التي لا تنتمي إلى المجموعةِ التاليةِ، وعلّلْ عدمَ الانتماء: جهازُ جولجي، الشبكةُ البلازميةُ الداخلية، الكروماتين، الميتوكوندريا.

اختيارٌ من مُتعدِّد

5. في الكائنِ بدائيِّ النواة (أ) نواة (ب) غشاءٌ خلويّ (ج) عُضيّاتٌ محاطةٌ بأغشية (د) كلُّ هذه البدائل.
6. نموُّ الخلايا تحدِّدُهُ النسبةُ بينَ (أ) الحجمِ والمساحةِ السطحية (ب) العُضيّاتُ والمساحةُ السطحية (ج) العُضيّاتُ والسيتوبلازم (د) النواةُ والسيتوبلازم.
7. المكوّنات الرّئيسةُ للأغشيةِ الخلويةِ هي (أ) الدهون (ب) البروتينات (ج) الأحماضُ النووية (د) الدهونُ والبروتينات.
8. وظيفةُ جهازِ جولجي هيَ (أ) بناءُ البروتينات (ب) إنتاجُ الطاقة (ج) تعديلُ البروتيناتِ للتصدير (د) بناءُ الدُّهون.
9. مهمّةُ الميتوكوندريا (أ) نقلُ المواد (ب) إنتاجُ الطاقة (ج)صناعةُ البروتينات (د) التحكّمُ بانقسامِ الخليّة.
10. الرايبوسومات (أ) محاطةٌ بغشاءٍ مزدوج (ب) تُصنعُ في السيتوسول (ج) مكوّنةٌ من بروتينٍ وحمضٍ نوويٍّ رايبوزيّ (د) ملتصقةٌ بالشبكةِ البلازميةِ الداخليةِ الملساء.
11. تقومُ الليسوسوماتُ في الخلايا بـ (أ) تدويرِ أجزاءِ الخليّة (ب) تدميرِ الفيروساتِ والبكتيريا (ج) إعطاءِ شكلٍ لأجزاءِ الجسمِ أثناءَ نموِّها (د) كلِّ هذه البدائل.
12. النُّوَيَّةُ هيَ (أ) مركزُ التحكّمِ بالخليّة (ب) مخزنُ المعلوماتِ الوراثية (ج) الموقعُ الذي يتمُّ فيهِ بناءُ الرايبوسومات (د)الموقعُ الذي يوجدُ فيهِ الـ DNA و RNA معًا.
13. البلاستيدات (أ) تُخزّنُ الأصباغ (ب) تُخزّنُ الأغشية (ج) تبني البروتينات (د) تفرزُ البروتينات.
14. المعدةُ هيَ مثالٌ على (أ) نسيج (ب) عضو (ج) جهاز (د) لا شيءَ من هذا كلِّه.
15. الكائناتُ المستعمَريّةُ كالفولفوكسِ هيَ كائناتٌ (أ) أُحاديةُ الخليةِ بدائيةُ النواة (ب) أُحاديةُ الخليةِ ذاتُ أنسجةٍ حقيقية (ج) عديدةُ الخلايا تفتقرُ إلى أنسجةٍ حقيقية (د) لديها أجهزةٌ تناسلية.

إجابةٌ قصيرة

16. وضّحْ كيفَ ساعدَ تطوّرُ المجاهرِ في دراسةِ الخلايا.
17. حدِّدِ العُضَيَّ المُبيَّنَ في الصورةِ المجهريةِ أدناهُ، وسمِّ التراكيبَ المشارَ إليها بـ أ داخلَ هذا العُضيّ. ما فائدةُ شكلِ هذهِ التراكيب؟



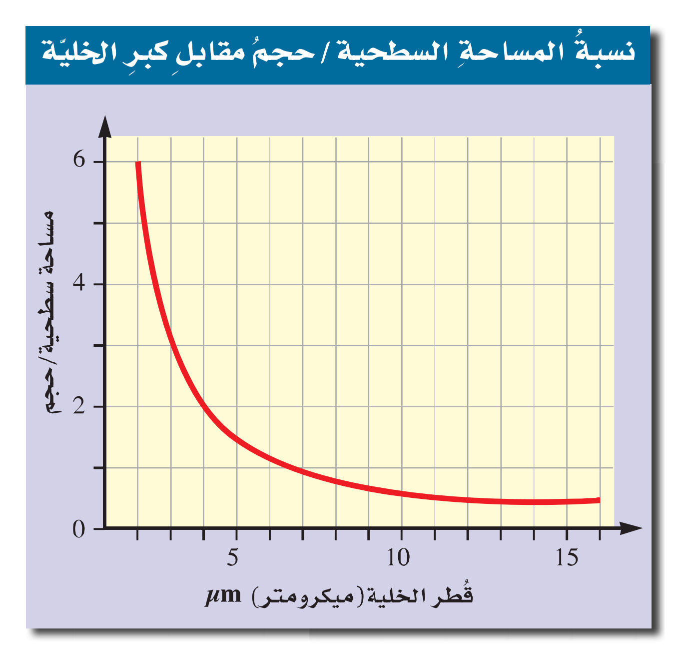
18. ما الذي يُحدِّدُ الحجمَ الأقصى للخليّة؟ اِشرحْ إجابتك.
19. لماذا يُعتبَرُ الغشاءُ الخلويُّ ذا نفاذيةٍ انتقائية؟
20. إذا كانت خليةٌ معيّنةٌ تتطلّبُ قدرًا كبيرًا منَ الطاقةِ، فهل تتوقّعُ وجودَ عددٍ كبيرٍ أم قليلٍ منَ الميتوكوندريا فيها؟ علِّلْ إجابتك.
21. اشرحْ كيفَ تعملُ الرايبوسوماتُ والشبكةُ البلازميةُ الداخليةُ وجهازُ جولجي معًا في بناءِ البروتينات.
22. ما الأهميةُ الخاصةُ لوجودِ الأهدابِ والأسواطِ لدى الكائناتِ الدقيقة؟

23. كيفَ يساعدُ وجودُ النواةِ في الخلايا على تصنيفِ الخلايا ؟

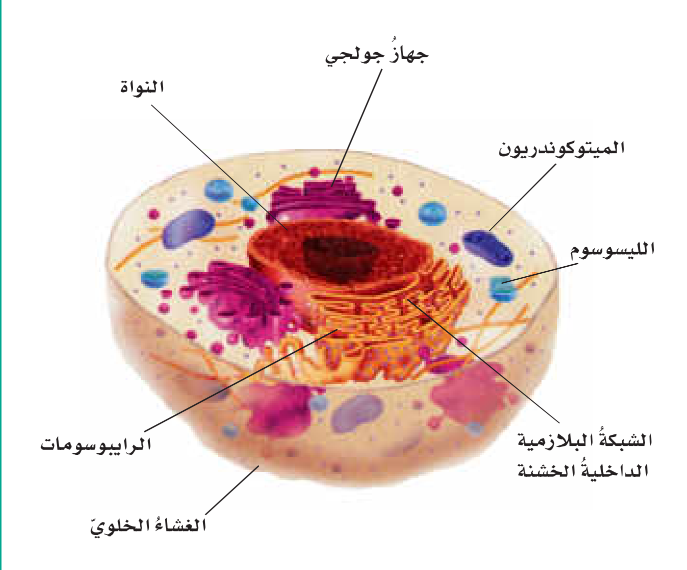
24. لماذا يجبُ على الخليةِ النباتيةِ أن تحتويَ على ميتوكوندريا وبلاستيداتٍ خضراءَ في آنٍ واحد؟

تفكيرٌ ناقد

1. لا تتضمَّنُ خليةُ دمِ إنسانٍ ناضجةٌ نواةً ولا ميتوكوندريا، بل هيَ تتألفُ بشكلٍ أساسيٍّ من غشاءٍ يحيطُ بالهيموجلوبين، هوَ جزيءٌ بروتينيٌّ يحملُ الأكسجين. اِقترحْ إحدى الحسناتِ التي يوحي بها هذا التنظيمُ البسيطُ لخلايا الدمِ الحمراءِ عندَ الإنسان.
2. تزوِّدُ الأنابيبُ الملتفّةُ مشعاعَ التدفئةِ بمساحةٍ سطحيةٍ كبيرةٍ تشعُّ من خلالِها الطاقةُ الحراريةُ إلى أنحاءِ الغرفة. ما هيَ عُضيّاتُ الخليةِ التي تملكُ تركيبًا شبيهًا؟ كيفَ يتلاءمُ تركيبُها معَ وظيفتِها؟
3. تموتُ المواشي غالبًا إذا أكلتْ من عشبةٍ ضارّة. المادةُ الكيميائيةُ التي تحتوي عليها هذهِ العشبةُ هيَ سامّةٌ للنباتاتِ أيضًا. فكيفَ تقي هذهِ العشبةُ نفسَها من أنْ تتسمَّمَ هيَ بمادتِها؟
4. يُظهرُ الرسمُ البيانيُّ كيفَ أنَّ النسبةَ بينَ المساحةِ السطحيةِ والحجمِ تتغيّرُ معَ ازديادِ قُطرِ الخلايا الكروية. ما النسبةُ المئويةُ التي تتغيّرُ بها نسبةُ السطحِ إلى الحجمِ عندما يكبُرُ قُطرُ الخليّةِ من $1\ \mu m$ إلى $2\ \mu m$؟ ما أكبرُ قطرٍ يمكنُ أن تبلغَهُ الخليّةُ قبلَ أن تهبطَ هذهِ النسبةُ الى ما دون $1\ \mu m$؟



5. لماذا، برأيكَ تظهرُ خلايا الفلّينِ خالية؟
6. ما التعديلاتُ الواجبُ تنفيذُها على الصورةِ لتصبحَ الخليةُ نباتية؟

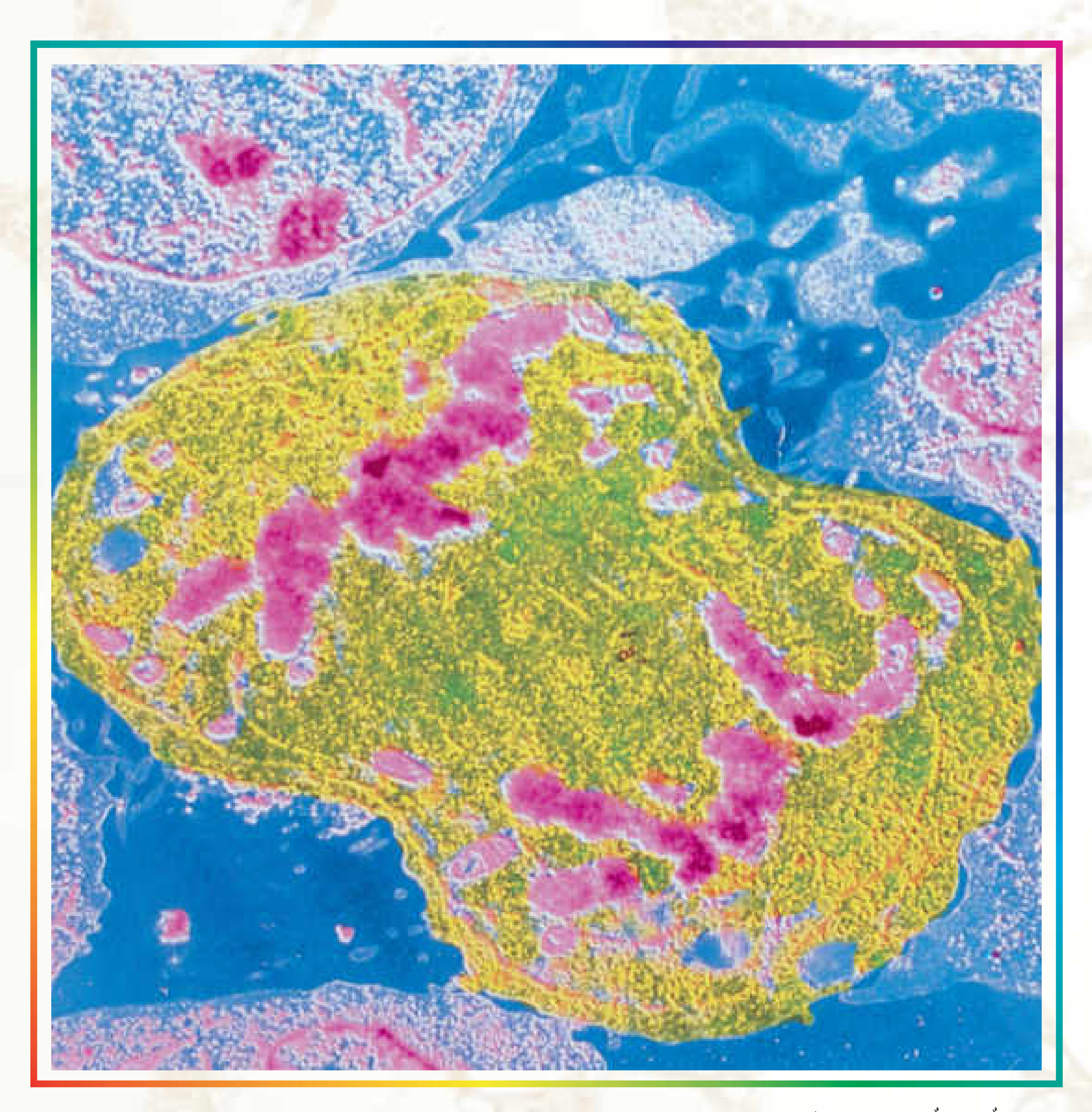


توسيعُ آفاقِ التفكير

1. استخدمِ المصادرَ الموجودةَ في مدرستكَ أو في مكتبةٍ عامّةٍ لتتعلَّمَ المزيدَ حولَ عملِ شلايدن أو شوان أو فيرشو. ضعْ تقريرًا موجزًا تلخِّصُ فيهِ العملياتِ التي قامَ بها الباحثُ ليصلَ إلى استنتاجاتِهِ حولَ الخلايا.
2. ضعْ فرعًا من نبتةِ إلُوديا Elodea في الماءِ، وسلِّطْ عليهِ ضوءًا ساطعًا لمدةِ ساعةٍ، ثمّ افحصْ ورقةً منهُ تحتَ المجهرِ الضوئيّ. نفِّذْ رسمًا يوضّحُ اتجاهَ حركةِ البلاستيداتِ الخضراء. تتحرّكُ هذهِ العُضيّاتُ استجابةً للضوء. كيف تساعدُ حركتُها الخليّةَ في تأديةِ وظيفتِها، بحسبِ رأيك؟

الفصــــلُ 4

تكاثُر الخلايا



هذهِ خليّةٌ لمفاويةٌ للإنسان تنقسمُ إلى خليّتينِ جديدتين (x 17,687).

المفهومُ الرئيس: التكاثُر والتوارث

سنتعرَّفُ في هذا الفصل إلى كيفيةِ تكاثرِ الخلايا عن طريقِ الانقسامِ الخلويّ.
انتبهْ لمراحلِ عمليةِ الانقسامِ الخَلَويِّ في أنواعٍ مختلفةٍ منَ الخلايا.

الكروموسومات

تتذكّرُ منَ الفصلِ 2 أنَّ الـ DNA هوَ جزيءٌ طويلٌ ودقيقٌ يقومُ باختزانِ المعلوماتِ الوراثية. يتكوّنُ الـ DNA الموجودُ في خليّةِ إنسانٍ من عددٍ من أزواجِ النيوكليوتيداتِ يقدّرُ بستّةِ بلايينِ زوج. ومن أجلِ تصوّرِ ضخامةِ هذا العددِ منَ النيوكليوتيداتِ نفترضُ أننا أخرجنا الـ DNA منَ النواةِ ومدّدناهُ في خطٍّ مستقيمٍ، فإننا نجدُهُ يمتدُّ بطولِ 64 km.

1-4

النواتجُ التعليميّة

▲ يصفُ تركيبَ الكروموسوم.

● يقارنُ كروموسوماتِ الخلايا بدائيةِ النواةِ معَ كروموسوماتِ الخلايا حقيقيةِ النواة.

■ يحدّدُ الفوارقَ بينَ الكروموسوماتِ الجنسيةِ والكروموسوماتِ الجسمية.

◆ يعطي أمثلةً على خلايا ثنائيةِ المجموعةِ الكروموسوميةِ وخلايا أُحاديةِ المجموعةِ الكروموسومية.

تركيبُ الكروموسوم

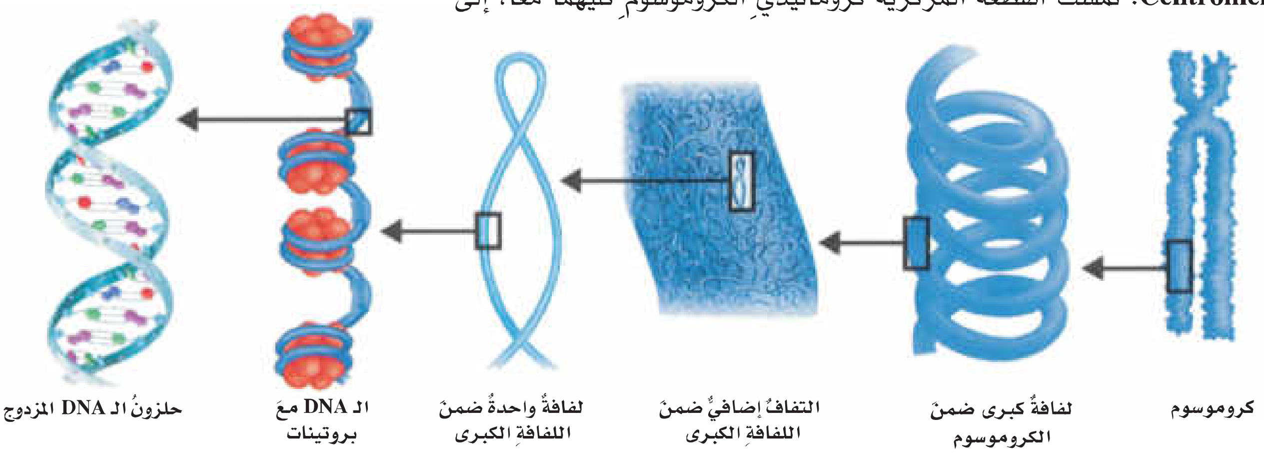
أثناءَ الانقسامِ الخلويِّ، يلتفُّ الـ DNA في نَوَى الخلايا حقيقيةِ النواةِ ليشكِّلَ تراكيبَ متراصّةً تُسمّى الكروموسومات. الكروموسوماتُ هيَ أجسامٌ عَصَويةٌ ـ تتكوّنُ كيميائيًا من DNA وبروتينات. يمكنُكَ أن ترى في الشكلِ 1-4 مستوياتِ التفافِ الـ DNA الكثيرةَ التي يتطلّبُها تكوينُ الكروموسوم.

أثناءَ انقسامِ خلايا حقيقيةِ النواةِ تمَّ صبغُها، تظهرُ الكروموسوماتُ داخلَ الغلافِ النوويِّ على هيئةِ تراكيبَ داكنة. وكلُّ كروموسومٍ هوَ جزيءٌ منفردٌ منَ الـ DNA مرفقٌ ببروتينات. يلتفُّ الـ DNA في الخلايا حقيقيةِ النواة بإحكامٍ حولَ بروتيناتٍ تُسمّى **هستونات Histones**. تساعدُ الهستوناتُ في الحفاظِ على شكلِ الكروموسومِ وفي حَزْمِ الـ DNA بشكلٍ محكم. هناك بروتيناتٌ **غيرُ هستونية Nonhistones** معنيةٌ بالتحكّمِ بنشاطِ مواقعَ معيّنةٍ في الـ DNA.

يُظهرُ الشكلُ 2-4 كروموسومًا واحدًا مفصولاً في خليّةٍ وهيَ تنقسم. لاحظْ أنَّ ذلكَ الكروموسومَ يتألّفُ من نصفينِ متطابقين. يُسمّى كلُّ نصفٍ منهما **كروماتيدًا Chromatid**. تتكوّنُ الكروماتيداتُ نتيجةً لنسخِ الـ DNA لذاتِهِ قبلَ انقسامِ الخليّة. وعندما تنقسمُ الخليّةُ تحصلُ كلُّ خليّةٍ جديدةٍ على كروماتيدٍ واحدٍ من كلِّ كروموسوم. تُسمّى المنطقةُ المنخصرةُ من كلِّ كروماتيدٍ **القطعةَ المركزيةَ Centromere**. تمسكُ القطعةُ المركزيةُ كروماتيدَيِ الكروموسومِ كليهما معًا، إلى

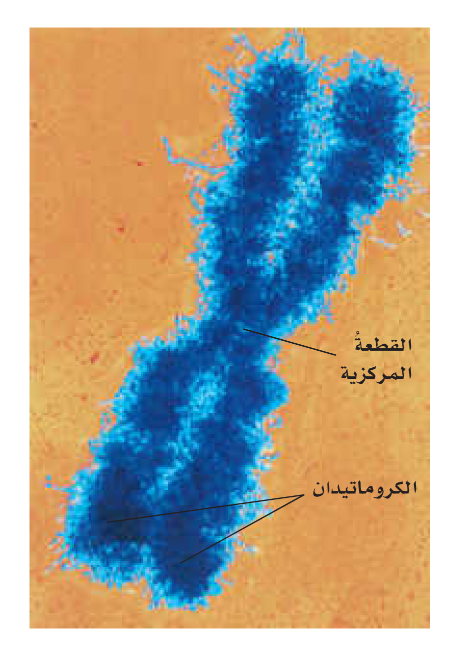
الشكل 1-4

فيما تستعدُّ خليّةٌ للانقسام، يلتفُّ حمضُها النوويُّ منقوصُ الأوكسجين DNA حولَ بروتيناتٍ وتلتوي لتصبحَ كروموسوماتٍ عَصَويّة.



أن ينفصلا لدى الانقسامِ الخلوي. وسنرى في القسمِ التالي من هذا الفصلِ أنَّ للقطعةِ المركزيةِ أهميةً خاصةً في حركةِ الكروموسوماتِ أثناءَ الانقسامِ الخلوي. لا يكونُ الـ DNA ملتفًّا بإحكامٍ وعلى هيئةِ كروموسوماتٍ ما بينَ الانقساماتِ الخلويةِ المتلاحقة. هناك مواقعُ عديدةٌ منَ الـ DNA الملتفّ ينفكُّ التفافُها ما بينَ الانقساماتِ الخلوية، الأمرُ الذي يسمحُ بقراءةِ معلوماتِها الوراثيةِ واستخدامِها في إدارةِ أنشطةِ الخليّة. المركّبُ المكوَّنُ من DNA وبروتين، والأقلُّ إحكامًا في التفافِه، يُدعى كروماتين.

وكما هوَ متوقّعٌ، فإنَّ الكروموسوماتِ الموجودةَ في الخلايا بدائيةِ النواةِ هيَ أبسطُ من تلكَ الموجودةِ في الخلايا حقيقيةِ النواة. يكوّنُ الـ DNA في معظمِ الخلايا بدائيةِ النواةِ كروموسومًا واحدًا فقطْ متّصلاً بالجانبِ الداخليِّ للغشاءِ الخلوي. تتألّفُ كروموسوماتُ الخلايا بدائيةِ النواةِ من جزيءِ DNA دائريٍّ مرفقٍ ببروتينات. وعلى غرارِ كروموسوماتِ الخلايا حقيقيةِ النواةِ، يجبُ أنْ تكونَ كروموسوماتُ الخلايا بدائيةِ النواةِ متراصّةً جدًّا حتى تتمكّنَ الخليّةُ من احتوائِها.



الشكل 4-2

يتكوّنُ كلُّ واحدٍ منَ الكروموسوماتِ، مثل هذا الكروموسومِ الذي فُصِلَ من خليّةِ إنسانٍ أثناءَ انقسامِها، من كروماتيدينِ متطابقين (م.أ.ن 12,542 x).

أعدادُ الكروموسومات

تتميّزُ خلايا أفرادِ النوعِ الواحدِ باحتوائِها على عددٍ معيَّنٍ منَ الكروموسومات. يُظهرُ الجدولُ 4-1 أعدادَ الكروموسوماتِ الموجودةِ في خلايا بعضِ الكائناتِ الحيّة. كلُّ خليّةٍ من خلايا ذبابِ الخلِّ مثلاً تضمُّ ثمانيةَ كروموسوماتٍ فقط. إلاّ أنَّ خلايا بعضِ الأنواعِ منَ الكائناتِ الحيّةِ تضمُّ عددًا متساويًا منَ الكروموسومات. على سبيلِ المثال، تحتوي كلُّ خليّةٍ من خلايا البطاطا والخوخِ والشمبانزي على 48 كروموسومًا.

الجدول 4-1 أعدادُ الكروموسوماتِ لدى أنواعٍ مختلفةٍ منَ الكائناتِ الحيّة

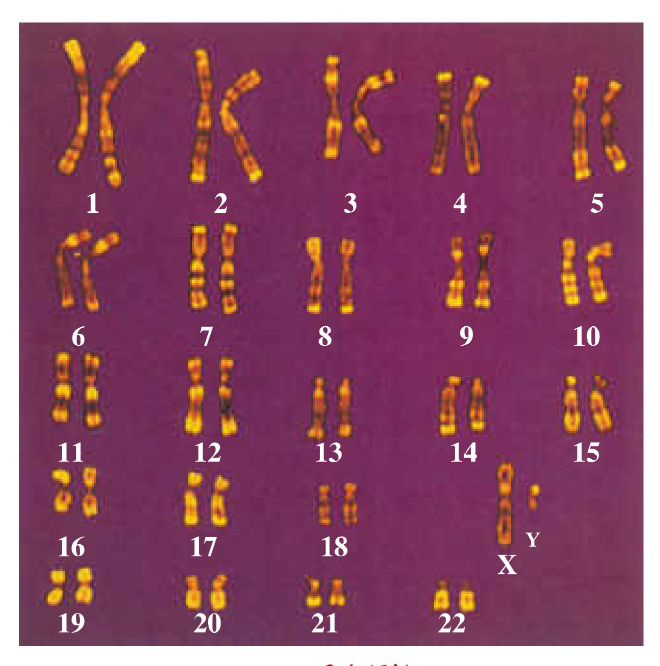
الكائنُ الحيّ	أعدادُ الكروموسومات
الجزر	18
القطّ	32
الشمبانزي	48
الكلب	78
إنسانُ الغاب	48
دودةُ الأرض	36
ذبابةُ الفاكهة	8
البازلاء والقمح	20
الغوريلا	48
الحصان	60
الإنسان	46
الخس	18
دولارُ الرمل	52
السرخس	1262

الكروموسوماتُ الجنسيةُ والكروموسوماتُ الجسمية

تقسمُ الكروموسوماتُ لدى الإنسانِ والحيوانِ إلى فئتينِ، كروموسوماتٍ جنسيةٍ وكروموسوماتٍ جسمية. تحدّدُ **الكروموسوماتُ الجنسيةُ Sex chromosomes** جنسَ الكائنِ الحيِّ، ويمكنُ أن تحملَ جيناتٍ تتحكمُ بصفاتٍ أخرى. والكروموسوماتُ الجنسيةُ لدى الإنسانِ هيَ الكروموسومُ X والكروموسومُ Y. يوجدُ لدى الإناثِ السليماتِ كروموسومانِ X، بينما يوجدُ لدى الذكورِ السليمينَ كروموسومٌ واحدٌ X وكروموسومٌ واحدٌ Y. جميعُ الكروموسوماتِ الباقيةِ يُطلَقُ عليها اسمُ **الكروموسوماتِ الجسميةِ Autosomes**. إذنْ هناكَ اثنانِ من كروموسوماتِ الإنسانِ جنسيان، والكروموسوماتُ الـ 44 الباقيةُ هيَ كروموسوماتٌ جسمية.

تحتوي كلُّ خليّةِ كائنٍ حيٍّ يتكاثرُ عن طريقِ التكاثرِ الجنسيِّ على نسختينِ من كلِّ كروموسومٍ جسميّ. يحصلُ الكائنُ الحيُّ على نسخةٍ واحدةٍ من كلٍّ منَ الأبوين. تُسمّى نسختا الكروموسومِ الجسميُّ **كروموسومينِ متماثلين Homologous chromosomes**. يتمتّعُ الكروموسومانِ المتماثلانِ بالحجمِ والشكلِ نفسَيْهما، ويحملانِ جيناتٍ للصفاتِ الوراثيةِ نفسها. فإذا احتوى كروموسومٌ واحد من

زوج كروموسوماتٍ متماثلةٍ على جينةٍ للونِ العينينِ مثلاً، احتوى الكروموسومُ المماثلُ الجينةَ ذاتَهَا. يُظهرُ الشكلُ 4-3 **مخطَّط كروموسوماتٍ Karyotype** هوَ صورةٌ فوتوغرافيةٌ مجهريةٌ لكروموسوماتِ خليّةِ إنسانٍ سليمة. لاحظْ أنَّ كروموسوماتِ الإنسانِ الـ 46 هيَ 22 زوجًا منَ الكروموسوماتِ الجسميةِ المتماثلةِ وكروموسومانِ جنسيانِ (XY لدى الذكورِ وXX لدى الأناث). ما جنسُ الشخصِ الذي تَظهرُ صورةُ كروموسوماتِه في الشكلِ 4-3؟



الشكل 4-3

يُستخدمُ مخطَّطُ الكروموسوماتِ لفحصِ كروموسوماتِ إنسانٍ معيّن. يحضَرُ المخطَّطُ الكروموسوميُّ انطلاقًا من عيّنةٍ من دم هذا الإنسان. تعالَجُ خلايا الدمِ البيضاءُ في العيّنةِ كيميائيًا لتحفيزِ عمليةِ الانقسامِ الخلويِّ المتساوي ثم إيقافِهِ في الطورِ الاستوائي. بعدئذٍ يتمُّ تصويرُ الكروموسوماتِ فوتوغرافيًا وتقطعُ صورُها ثم ترتَّبُ على هيئةِ أزواجٍ متماثلةٍ وفقًا للقياسِ والشكل.

الخلايا ثنائيةُ المجموعةِ الكروموسوميةِ والخلايا أُحاديةُ المجموعةِ الكروموسومية

تُسمّى الخلايا التي تحتوي على مجموعتينِ منَ الكروموسوماتِ **الخلايا ثنائيةَ المجموعةِ الكروموسومية Diploid cells**. ويُرمزُ إليها بالصيغةِ 2n. تحتوي هذهِ الخلايا على أزواجٍ منَ الكروموسوماتِ المتماثلةِ وعلى كروموسومينِ جنسيينِ، كما هوَ ظاهرٌ في الشكلِ 4-3 لمخطّطِ الكروموسوماتِ لدى ذَكَرِ الإنسان.

الحيواناتُ المنويةُ والبويضاتُ عند الإنسانِ هيَ **خلايا أُحاديةُ المجموعة الكروموسومية Haploid cells**. تحتوي هذهِ الخلايا على مجموعةٍ واحدةٍ فقط من الكروموسومات، أي نصفِ العددِ الكروموسوميِّ الموجودِ في الخلايا ثنائيةِ المجموعةِ الكروموسومية. إذن يكونُ في خلايا الإنسانِ الأحاديةِ المجموعةِ الكروموسوميةِ كروموسومٌ واحد فقط من كلِّ زوجٍ متماثلٍ وكروموسومٌ جنسيٌّ واحد، ويرمزُ إلى هذه الخلايا بالصيغةِ 1n. عندَ اتّحادِ حيوانٍ منويٍّ 1n وبويضةٍ 1n تتكوّنُ الخليّةُ الأولى لكائنٍ حيٍّ جديد. وستكونُ الخليّةُ الجديدةُ ثنائية المجموعة الكروموسومية 2n. لو كانتِ الخلايا التناسليةُ خلايا ثنائيةَ المجموعةِ الكروموسوميةِ لأصبحَ للخليّةِ الجديدةِ كروموسوماتٌ عديدةٌ جدًّا، ولتعطّلتِ الخليّةُ عن إتمامِ وظائفِها.

مراجعةُ القسم 4-1

1. ما الكروموسوماتُ المتماثلة؟
2. بيِّنِ الفوارقَ بينَ الكروموسومِ وجزيءِ الـ DNA.
3. قارنْ بينَ تركيبِ كروموسوماتِ الخليّةِ بدائيةِ النواةِ وتركيبِ كروموسوماتِ الخليّةِ حقيقيةِ النواة.
4. بيِّنِ التمايزَ القائمَ بينَ الكروموسوماتِ الجنسيةِ والكروموسوماتِ الجسمية.
5. اكتبِ العددَ الأُحاديَّ 1n والعددَ الثنائيَّ 2n لكلٍّ منَ الكائناتِ الحيّةِ الواردةِ في الجدولِ 4-1.
6. **تفكيرٌ ناقد** هل هناكَ علاقةٌ بينَ عددِ كروموسوماتِ الكائنِ الحيِّ ومستوى تعقيدِه؟ وضّحْ إجابتَك.

القسم

2-4

النواتجُ التعليميّة

▲ يصفُ مراحلَ الانشطارِ الثنائي.

● يصفُ كلَّ مرحلةٍ من مراحل دورةِ حياةِ الخليّة.

■ يوجزُ أطوارَ عمليةِ الانقسامِ المتساوي.

◆ يقارنُ بينَ الانقسامِ السيتوبلازميِّ لدى خلايا الحيوانِ وبين الانقسامِ السيتوبلازميِّ لدى خلايا النبات.

الانقسامُ الخلويّ

تتحدّرُ الخلايا كلُّها من خلايا موجودةٍ سابقًا. والانقسامُ الخلويُّ هوَ العمليةُ التي يتمُّ عن طريقِها إنتاجُ خلايا جديدة. لكنَّ عمليةَ الانقسامِ الخلويِّ لدى الخلايا بدائيةِ النواةِ ـ كما سترى ـ تختلفُ عن عمليةِ الانقسامِ الخلويِّ لدى الخلايا حقيقيةِ النواة. والانقسامُ الخلويُّ لدى خلايا الكائناتِ حقيقيةِ النواةِ يختلفُ من مرحلةٍ الى مرحلةٍ خلال الدورةِ الحياتيةِ للكائنِ الحيّ.

الانقسامُ الخلويُّ لدى الكائناتِ بدائيةِ النواة

الانشطارُ الثنائي Binary fission هوَ انقسامُ الخليّةِ بدائيةِ النواةِ إلى خليّتينِ جديدتين. يشملُ هذا الانشطارُ ثلاثَ مراحلَ عامةٍ يوجزُها الشكلُ 4-4.

أوّلاً، يقومُ الكروموسومُ الذي يتّصلُ بالجهةِ الداخليةِ للغشاءِ الخلويِّ بنسخِ ذاتِه، فينتُجُ من ذلك كروموسومانِ متطابقانِ يتصلُ كلٌّ منهما بالجهةِ الداخليةِ لغشاءِ الخليّةِ الداخليّ. بعد انتهاءِ نسخِ الكروموسومِ تواصلُ الخليّةُ نموَّها إلى أن تبلغَ ضعفَ حجمِها الأصليِّ تقريبًا. بعدئذٍ، يتكوّنُ جدارٌ خلويٌّ بينَ الكروموسومينِ فتنشطرُ الخليّةُ إلى خليّتينِ جديدتينِ تحتوي كلٌّ منهما على أحدِ الكروموسومينِ المتطابقينِ الناتجينِ عن عمليةِ نسخِ الكروموسومِ في الخليّةِ الأصلية.

خليةٌ بدائيةُ النواة

نسخُ الـ DNA

تبدأُ الخليةُ بالانقسام

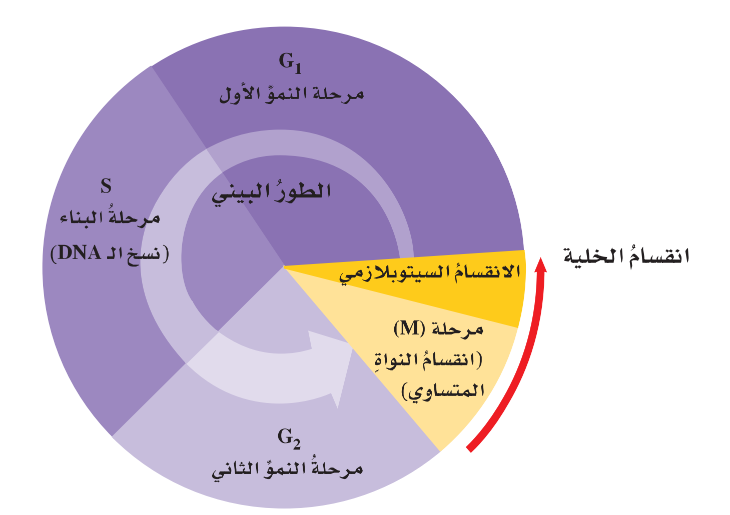
خليتانِ متطابقتانِ بدائيّتا النواة

الشكل 4-4
تتكاثرُ معظمُ الكائناتِ بدائيةِ النواةِ عن طريقِ الانشطارِ الثنائيِّ الذي تنتجُ في نهايتِه خليّتانِ متطابقتانِ من خليّةٍ واحدة.

الانقسامُ الخلويُّ لدى الكائناتِ حقيقيةِ النواة

يتمُّ انقسامُ السيتوبلازمِ والنواةِ على حدٍّ سواءٍ عندَ انقسامِ الخلايا في الكائناتِ حقيقيةِ النواة. يوجدُ نوعانِ منَ الانقسامِ الخلويِّ لدى خلايا الكائناتِ حقيقيةِ النواة. النوعُ الأوّلُ، الذي ستتعرّفُ إليهِ في هذا القسمِ، يُسمّى **الانقسامَ المتساوي Mitosis**. تنتجُ من هذا الانقسامِ خلايا جديدةٌ تتضمّنُ موادَّ وراثيةً مطابقةً تمامًا للموادِّ الموجودةِ ضمنَ الخليّةِ الأصلية. يحدثُ الانقسامُ المتساوي أثناءَ عمليةِ التكاثرِ في الكائناتِ أحاديةِ الخليّةِ وخلالَ تزايدِ عددِ الخلايا في نسيجٍ معيَّنٍ أو عضوٍ معيَّنٍ منَ الكائناتِ عديدةِ الخلايا.

يُسمّى الانقسامُ الخلويُّ الذي ستتعرَّفُ إليه في القسمِ 4-3 **الانقسامَ المنصِّفَ Meiosis**. يؤدي الانقسامُ المنصِّفُ إلى اختزالِ عددِ الكروموسوماتِ في الخليّةِ الجديدةِ إلى النصف. تتّحدُ الخلايا الجديدةُ لاحقًا في دورةِ حياةِ الكائنِ الحيِّ، فتُنتجُ خلايا تحتوي كلٌّ منها على مجموعةٍ كاملةٍ من الكروموسومات.



الشكل 5-4
تضمُّ دورةُ حياةِ الخليّةِ الطورَ البينيَّ وانقسامَ الخليّة. يتكوّنُ الطورُ البينيُّ من مرحلتيْ نموٍّ ومرحلة تضاعفِ الـ DNA. تُقسمُ مرحلةُ انقسامِ الخليّةِ إلى انقسامِ النواةِ المتساوي والانقسامِ السيتوبلازمي.

دورةُ حياةِ الخليّة

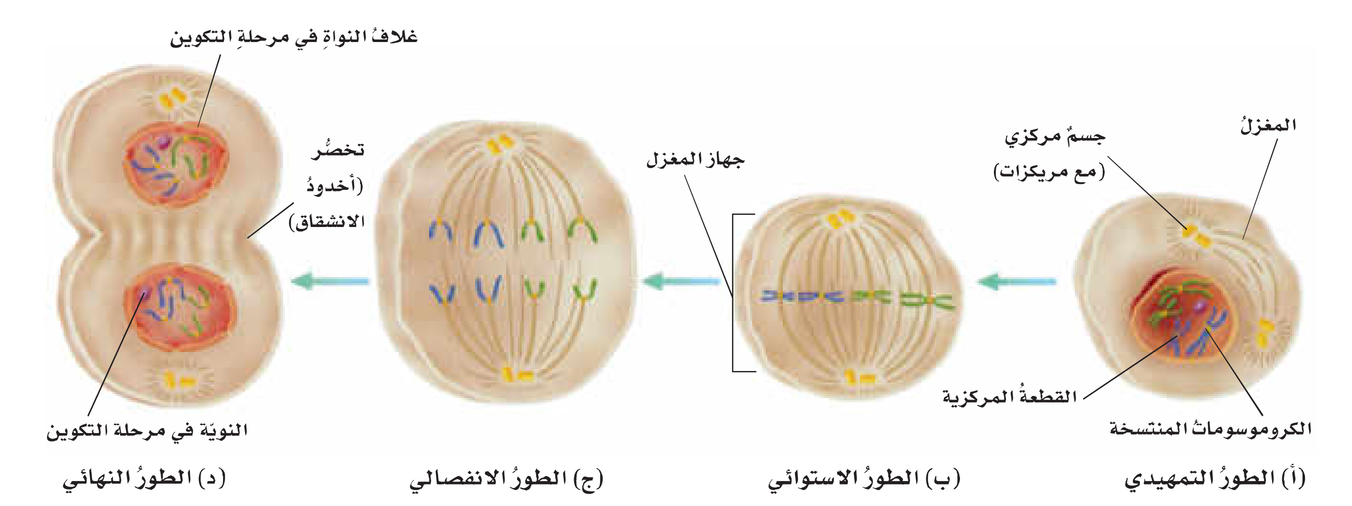
دورةُ حياةِ الخليّةِ Cell cycle هيَ المراحِلُ التي تمرُّ بها الخليةُ خلالَ حياتِها. وتشملُ هذهِ المراحلُ الانقسامَ الخلويَّ، والفترةَ الزمنيةَ الواقعةَ بينَ انقسامين خلويين، أي ما يُسمّى **الطورَ البيني Interphase**. ينقسمُ الطورُ البينيُّ إلى ثلاثِ مراحل، بينما تتمُّ عمليةُ الانقسامِ الخلويِّ على مرحلتين، كما يظهرُ في الشكل 5-4.

أثناءَ الانقسامِ الخلويِّ ينقسمُ السيتوبلازمُ والكروموسوماتُ بالتساوي بينَ خليّتين جديدتين. ويشملُ الانقسامُ الخلويُّ الانقسامين المتساويَ والسيتوبلازميّ. **الانقسامُ المتساوي للنواة** أو **مرحلةُ M، M phase**، هوَ المرحلةُ التي يتمُّ خلالَها انقسامُ النواةِ المتساوي. أما **الانقسامُ السيتوبلازمي Cytokinesis** فهوَ مرحلةُ انقسامِ سيتوبلازمِ الخليّة.

الطورُ البيني

لاحظْ في الشكل 5-4 أنَّ الخليّةَ تمضي أطولَ فترةٍ من دورةِ حياتِها في الطورِ البينيّ: يبلغُ حجمُ الخلايا الجديدةُ بعدَ الانقسامِ الخلويِّ مباشرةً نصفَ حجمِ الخليّةِ الأصليةِ تقريبًا. أثناءَ المرحلةِ الأولى منَ الطورِ البينيِّ، التي تُسمّى **مرحلة النموّ الأول Gap1 (G_1) Phase** تنمو الخلايا الجديدةُ لتبلغَ حجمَ النضوج. يرمزُ G_1 إلى الفترةِ التي تلي عمليةَ الانقسامِ وتسبقُ عمليةَ تضاعفِ الـ DNA، DNA replication، عندما تصلُ الخلايا إلى حجمِ النضجِ تنتقلُ إلى المرحلةِ الثانيةِ، **مرحلة البناء Synthesis (S) phase**، وهيَ المرحلةُ التي يتمُّ فيها نسخُ الـ DNA فيتضاعف. تمثِّلُ **مرحلةُ النموِّ الثاني Gap2 (G_2) Phase** الفترةَ الزمنيةَ التي تلي نسخَ الـ DNA. هذهِ المرحلةُ هيَ الفترةُ الزمنيةُ التي تقومُ أثناءَها الخليّةُ بالتحضيرِ للانقسامِ الخلوي.

تستطيعُ الخلايا الخروجَ من دورةِ الخليّةِ (من مرحلة G_1 عادةً) لتدخلَ في حالةٍ تُسمّى **مرحلةَ السكون** (G_0). خلالَ هذهِ المرحلةِ لا تقومُ الخلايا بنسخِ الـ DNA العائدِ لها، ولا تتهيّأُ للانقسامِ الخلوي. هناكَ خلايا كثيرةٌ في جسمِ الإنسانِ تبقى في مرحلةِ السكون، على سبيلِ المثال، تتوقّفُ الخلايا العصبيةُ الكاملةُ النموِّ في الجهازِ العصبيِّ المركزيِّ عنِ الانقسامِ عندَ النضوجِ ولا تنقسمُ بعدَ ذلكَ أبدًا.



الشكل 6-4
(أ) أثناءَ الطورِ التمهيديّ يلتفُّ الـ DNA المنتسَخُ ليشكّلَ كروموسومات. (ب) أثناءَ الطورِ الاستوائيّ تصطفُّ الكروموسوماتُ على طولِ الخطِّ الوسطيّ للخليّةِ التي هيَ في طورِ الانقسام. (ج) أثناءَ الطورِ الانفصاليّ تبدأُ كروماتيداتُ كلِّ كروموسومٍ بالتحرّكِ نحوَ قطبَي الخليّةِ المتقابلين. (د) أثناءَ الطورِ النهائيّ تصلُ الكروموسوماتُ إلى قطبَي الخليّةِ المتقابلين ويبدأُ السيتوبلازمُ في الانقسام.

الانقسامُ المتساوي (اعتيادي)

الانقسامُ المتساوي هوَ انقسامُ النواةِ الذي يحدثُ أثناءَ الانقسامِ الخلويّ. وهوَ عمليةٌ مستمرةٌ تضمُّ أربعةَ أطوارٍ هيَ الطورُ التمهيديُّ والطورُ الاستوائيُّ والطورُ الانفصاليُّ والطورُ النهائيّ.

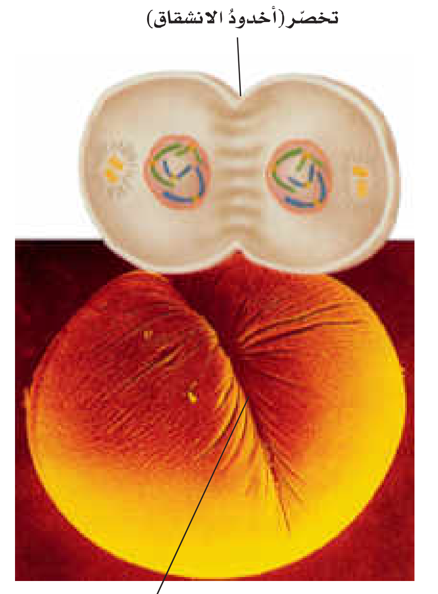
الطورُ التمهيديُّ Prophase هوَ الطورُ الأوّلُ من عمليةِ الانقسامِ المتساوي. مع بَدْءِ هذا الطورِ، المبيّنِ في الشكل 6-4 أ، يقصُرُ الـ DNA ويلتفُّ بإحكامٍ ليصبحَ كروموسوماتٍ عصويةَ الشكل، يمكنُ مشاهدتُها بواسطةِ المجهرِ الضوئيّ. تذكّرْ أنهُ يتمُّ نسخُ كلِّ كروموسومٍ أثناءَ مرحلةِ البناءِ S. تبقى نسختا كلِّ كروموسومٍ، واسمهُما كروماتيدان، متّصلتينِ ببعضِهما بواسطةِ القطعةِ المركزية. في هذا الوقتِ تتفكّكُ النويّةُ والغشاءُ النوويُّ ويختفيان.

يوجدُ اثنتانِ منَ النُّقطِ الداكنةِ، تسمّى الواحدةُ **جسمًا مركزيًا Centrosome** في جوارِ النواةِ المتلاشية. يحتوي كلُّ جسمٍ مركزيٍّ في خليّةِ الحيوانِ على اثنينِ منَ الأجسامِ الأسطوانيةِ الصغيرةِ، كلُّ واحدٍ منهما يُسمّى **مُريكزًا Centriole**. تفتقرُ الأجسامُ المركزيةُ لخلايا النباتِ إلى المريكزات. تتحرّكُ الأجسامُ المركزيةُ في خلايا الحيوانِ والنباتِ على السواءِ نحو قطبي الخليّةِ المتقابلين. وبينما تتباعدُ الأجسامُ المركزيةُ تشعُّ منها خيوطُ المغزلِ spindle fibers المكوَّنةُ من الأُنيبيباتِ الدقيقة، تحضيرًا لعمليةِ الانقسامِ المتساوي. تعملُ خيوطُ المغزلِ على تقسيمِ الكروماتيداتِ بالتساوي بين الخليّتينِ الجديدتينِ أثناءَ انقسامِ الخليّة.

الطورُ الاستوائيّ Metaphase في الشكل 6-4ب، هوَ الطورُ الثاني من عمليةِ الانقسامِ المتساوي. في هذا الطورِ تصبحُ الكروموسوماتُ واضحةَ المعالم، أكثرَ منَ الأطوارِ الأخرى، فتسهلُ رؤيتُها بواسطةِ المجهرِ الضوئيّ. لذلكَ، توضعُ المخطّطاتُ الكروموسوميةُ النموذجيةُ عن طريقِ تصويرِ الكروموسوماتِ فوتوغرافيًا، في أثناءِ هذا الطورِ. وفي هذا الطورِ تُحرِّكُ خيوطُ المغزلِ الكروموسوماتِ نحوَ وسطِ الخليّةِ التي تنقسمُ، وتُثبِّتُ كلَّ كروموسومٍ في مكانه.

أثناءَ **الطورِ الانفصاليِّ Anaphase**، الشكلُ 6-4ج، ينفصلُ كروماتيدا كلِّ كروموسومٍ عندَ القطعةِ المركزيةِ ويتحرّكان، تتقدّمُهما القطعةُ المركزيةُ، نحوَ القطبينِ المتقابلينِ للخليّةِ المُنتسَخة. بعدَ انفصالِ الكروماتيدينِ بشكلٍ تامٍّ، يصبحُ كلُّ كروماتيدٍ كروموسومًا منفردًا.

الطورُ النهائي Telophase، الشكل 4-6د، هوَ الطورُ الرابعُ في الانقسامِ المتساوي. بعدَ وصولِ الكروموسوماتِ إلى طرفَيِ الخليّةِ المتقابلينِ تتفكّكُ خيوطُ المغزلِ وتصبحُ الكروموسوماتُ أقلّ التفافًا، فتتحوّلُ بذلكَ إلى خيوطٍ كروماتينية. يتشكّلُ غلافُ النواةِ حولَ كلِّ مجموعةٍ منَ الكروموسوماتِ وتظهرُ نويّةٌ في كلٍّ منَ الخليّتينِ الجديدتين.

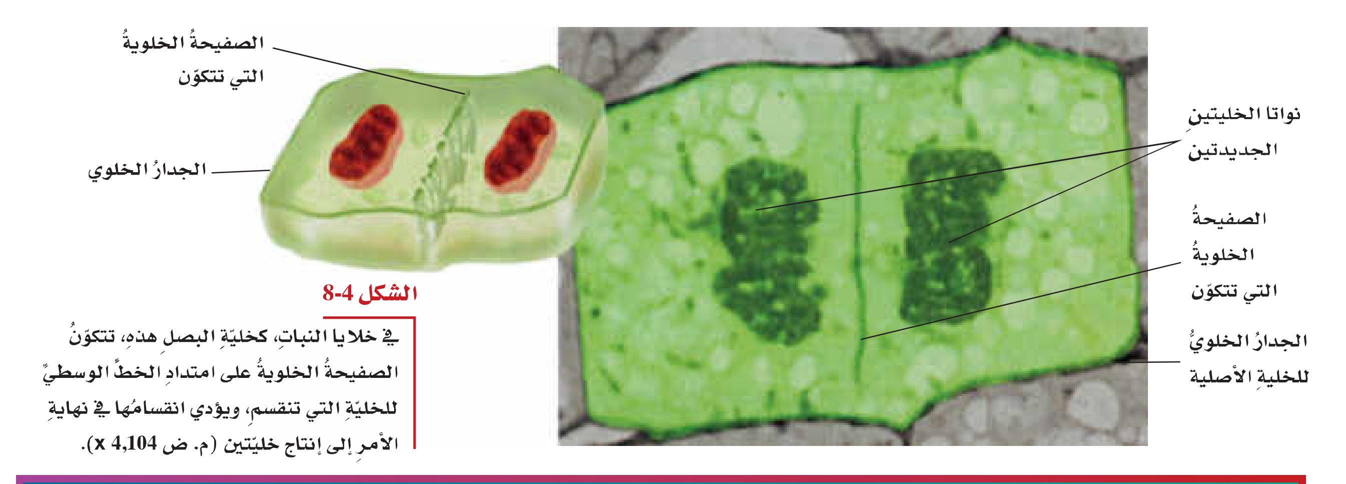


الشكل 4-7
كما تتخصَّرُ خليّةُ الضفدعِ هذهِ، يتخصّرُ الغشاءُ الخلويُّ عندَ وسطِ الخليّةِ التي تنقسم، فيؤدي ذلكَ في نهايةِ الأمرِ إلى انقسامِ الخليّةِ إلى اثنتين (م.أ. ن. 78 x).

الانقسامُ السيتوبلازمي

ينقسمُ سيتوبلازمُ الخليّةِ أثناءَ الطورِ النهائيِّ عن طريقِ عمليةِ الانقسامِ السيتوبلازميّ. تبدأُ عمليةُ الانقسامِ السيتوبلازميِّ في خلايا الحيواناتِ بتخصُّرِ الغشاءِ الخلويّ، أي انكماشِهِ نحوَ الداخلِ في المنطقةِ الوسطى، كما بينَ قطبَيِ الخليّةِ التي تنقسمُ على النحوِ المبيَّنِ في الشكل 4-7. تُسمّى المنطقةُ المنخصِرةُ منَ الغشاءِ الخلويِّ **أخدودَ الانشقاقِ Cleavage furrow** الذي يُفترضُ أن يقَسِمَ الخليّةَ إلى اثنتينِ بفعلِ الخيوطِ الدقيقة.

يُظهرُ الشكلُ 4-8 الانقسامَ السيتوبلازميَّ في خلايا النبات. في هذهِ الخلايا تندمجُ حويصلاتٌ، ناشئةٌ عن جهازِ جولجي، عندَ خطِّ الوسطِ في الخليّةِ المنقسمةِ، فتكوّنُ جدارًا خلويًّا مقترنًا بغشاء. يُدعى هذا الجدارُ **الصفيحةَ الخلويةَ Cell plate**. وعندما تكتملُ هذه الصفيحةُ الخلويةُ تَقَسِمُ الخليّةَ إلى خليّتين. تكونُ الخلايا الجديدةُ في خلايا الحيواناتِ متساويةً في الحجمِ تقريبًا. وكذلك في خلايا النبات. تتلقّى كلُّ خليّةٍ ناتجةٍ مجموعةَ كروموسوماتٍ طبقَ الأصلِ عن تلكَ الموجودةِ في الخليّةِ الأمِّ، وتتلقّى أيضًا نصفَ سيتوبلازمِ الخليّةِ الأم ونصفَ عضياتِها.



الشكل 4-8
في خلايا النبات، كخليّةِ البصلِ هذهِ، تتكوّنُ الصفيحةُ الخلويةُ على امتدادِ الخطِّ الوسطيِّ للخليّةِ التي تنقسم، ويؤدي انقسامُها في نهايةِ الأمرِ إلى إنتاجِ خليّتين (م. ض 4,104 x).

مراجعةُ القسمِ 4-2

1. صفْ أحداثَ الانشطارِ الثنائيّ.
2. خلالَ أيِّ مرحلةٍ من مراحلِ دورةِ حياةِ الخليّةِ يتمُّ نسخُ الكروموسومات؟
3. أيُّ مرحلةٍ من مراحلِ دورةِ حياةِ الخليّةِ يمكنُ التعرّفُ إليها بسهولةٍ بالمجهرِ الضوئيّ؟ وضحْ إجابتك.
4. صفْ تركيبَ المِغزلِ ووظيفته.
5. اشرحِ الفوارقَ الرئيسةَ بينَ الانقسامِ السيتوبلازميِّ في خلايا الحيوانِ وبينَ نظيرِهِ في خلايا النبات.
6. **تفكيرٌ ناقد** ما الذي يمكنُ أن يحدثَ إذا تمَّ الانقسامُ السيتوبلازميُّ قبلَ انقسامِ النواةِ المتساوي؟

قــــراءاتٌ علـمـيـــة

رؤيةُ ما كانَ غيرَ مرئيّ

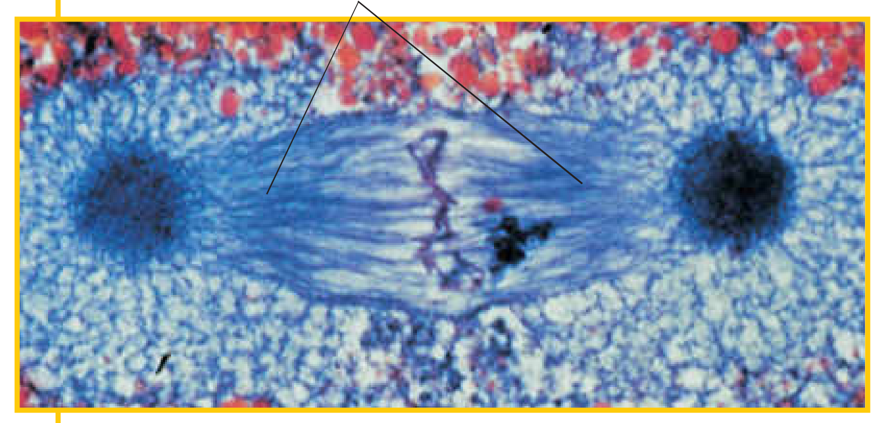
ما الذي يتحكّمُ بتحريكِ الكروموسوماتِ عندما تنقسمُ نواةُ الخليّة؟ دَرَسَ علماءُ البيولوجيا هذا السؤالَ الأساسيَّ أكثرَ من مئةِ عام. تحمِلُ الإجابةُ عنهُ أهميةً كبيرةً للمجتمع. فعندما نفهمُ ما الذي يتحكّمُ بالانقسامِ الخلويِّ في الخلايا السليمةِ يمكنُنا أن نفهمَ ما يحصلُ في حالةِ الشذوذِ الخلويِّ كالسرطان مثلاً.

في العام 1897 بدأ عالِمٌ تشريحٍ ألمانيٌّ يُدعى والثر فليمينغ Walther Flemming بصبغِ الخلايا بصباغٍ أحمرَ من أجلِ ملاحظة محتوياتِها الداخليةِ خلالَ الانقسامِ الخلويّ. وبما أنَّ الصباغَ يميتُ الخلايا كانَ الانقسامُ المتساوي الذي استطاعَ أن يلاحظَهُ فليمينغ عبارةً عن سلسلةِ صورٍ ساكنةٍ لمراحلَ متنوّعةٍ منَ الانقسامِ الخلويّ. خلالَ عدةِ سنواتٍ من عملِ فليمينغ لم يكنْ واضحًا هل كانتْ خيوطُ المغزلِ، التي تظهرُ في كلِّ مرةٍ تتكاثرُ فيها الخليّةُ، تراكيبَ خلويةً دائمةً أم لا. ظلَّ علماءُ البيولوجيا يناقشونَ أكثرَ من خمسينَ عامًا: هل هذهِ الخيوطُ هيَ التي تفصلُ فعليًّا الكروموسوماتِ أثناءَ الانقسامِ الخلويّ؟

خلالَ أوائلِ العام 1950، ساهمَ طالبٌ يابانيٌّ، يُدعى شينيا إينو Shinay Ionoue في اختراعِ التقنيّاتِ الضروريةِ لملاحظةِ ديناميّاتِ الخلايا الحيّة. عَمِلَ إينو في مختبرِ البيولوجيا البحريةِ الخاصِّ بأُستاذِهِ كاتسوما دان Katsuma Dan الذي كانَ يَدْرُسُ الانقسامَ الخلوي لدى حيواناتِ توتياءِ البحرِ sea urchin (حيوانٌ مائيٌّ شوكي). أعطتِ المجاهرُ الإلكترونيةُ التي استخدمَاها صورًا ذاتَ درجةٍ عاليةٍ منَ الوضوحِ الضروريّ، غيرَ أنها تطلّبت قتلَ العيّناتِ وتقطيعَها، وفي بعضِ الأحيانِ تشوَّهَ قسمٌ منَ الخليّةِ أثناءَ التحضير. وتوفّرتْ عدةُ مجاهرَ ضوئيةٍ في ذلك الوقتِ مكّنتْ من ملاحظةِ ديناميّاتِ الجهازِ الحيّ. إلا أنَّ درجةَ تمييزِ تلكَ المجاهرِ لم تكنْ عاليةً إلى الحدِّ الكافي لاستبانةِ التفاصيلِ الدقيقةِ الموجودةِ في أصغرِ أقسامِ الخليّة. قامَ دان بتحدّي إينو وطوّرَ مجهراً يمكّنُ علماءَ البيولوجيا من درسِ حركةِ خيوطِ المغزلِ في الخلايا التي تنقسم.

وفيما بعدُ، طوَّرَ إينو نفسُهُ مجهرًا محسَّنًا مكّنهُ من تأكيدِ وجودِ خيوطِ المغزلِ في خلايا توتياءِ البحرِ الحيّة. وتمكّنَ من إنجازِ مجسَّمٍ للدورِ الذي تؤدّيهِ خيوطُ المغزلِ في انقسامِ الخليّة. إنَّ عدمَ الاستقرارِ الشديدَ للجزيئاتِ المكوّنةِ لخيوطِ المغزلِ أوحى لـ إينو بالآليةِ المحتملةِ لحركةِ الكروموسومات. ودلّتْ الاختباراتُ على أنهُ يمكنُ لتلكَ الخيوطِ أن تحرِّكَ الكروموسوماتِ المتّصلةَ بها عن طريقِ التجميعِ والتفكيك. فكلّما طالتْ أو قَصُرتِ الوحداتُ الفرعيةُ لجزيئاتِ الخيوطِ تحرّكت الكروموسوماتُ المتّصلةُ بها. ومنذُ ذلكَ الحينِ أصبحتْ خيوطُ المغزلِ التي لاحظَها إينو تُعرفُ بأنها أُنَيْبيباتٌ دقيقةٌ متخصصة. إلاّ أنهُ لم يتمَّ عزلُ هذهِ الخيوطِ من خلايا حيّةٍ حتى منتصفِ السبعينيات.

وظلَّ إينو رائدًا في تقنيّاتِ المجاهرِ في مؤسسةِ Woods Hole Oceanographic Instiue لأكثرَ من 40 عامًا. طوَّر تقنيّاتٍ لإظهارِ تفاصيلَ تركيبيةٍ دقيقةٍ للتنظيمِ الخلويِّ، كإظهارِ صورٍ مجسّمةٍ لخيوطِ المغزلِ. تتيحُ هذهِ التقنيّاتُ وفقًا لـ إينو فرصًا جديدةً أمامَ دراسةِ تطوّرِ الأجنّةِ والخلايا التي تنقسمُ انقسامًا متساويًا دونَ القضاءِ على الخلايا الحيّة. مثلُ هذهِ التطوّراتِ التقنيةِ دفعتِ العلومَ خطوةً إلى الأمامِ في فهمِ الديناميّاتِ المعقدّةِ لإنقسامِ الخلايا.



تبيّنُ هذهِ الصورةُ المجهريةُ (م. ض 1,080 x) لجهازِ المغزلِ خلالَ الطورِ الاستوائيِّ الأُنيبيباتِ الدقيقةَ المغزليةَ التي قامَ شينيا إينو Shinya Inoue بدراستِها. أما الأجسامُ الشبيهةُ بالديدانِ الظاهرةُ في وسطِ المغزلِ فهيَ الكروموسومات.

القسم

3-4

النواتجُ التعليميّة

▲ يَذكرُ أطوارَ الانقسامِ المنصِّفِ ويصفُها.

● يقارنُ بينَ نواتجِ الانقسامِ المتساوي ونواتجِ الانقسامِ المنصِّف.

■ يشرحُ ظاهرةَ العبورِ وكيفيةَ مساهمتِها في ظهورِ صفاتٍ جديدة.

◆ يوجزُ الخصائصَ الرئيسةَ لعمليّتَيْ تكوينِ الأمشاجِ الذكريةِ والبويضات.

الانقسامُ المنصِّف

الانقسامُ المنصِّفُ هوَ عمليةُ انقسامِ النواةِ حيثُ يُختَزَلُ عددُ الكروموسوماتِ في الخلايا الجديدةِ إلى نصفِ ما كانتْ عليهِ في الخليّةِ الأصلية. وتنصيفُ الكروموسوماتِ هذا تقابلُهُ عمليةُ التحامِ خلايا. تتمُّ لاحقًا في دورةِ حياةِ الكائن. فعندَ الإنسانِ مثلاً. تَنْتُجُ من الانقسامِ المنصِّفِ خلايا تناسليّةٌ أُحاديةُ المجموعةِ الكروموسوميةِ 1n تُسمّى **الأمشاج** Gametes. وأمشاجُ الإنسانِ هيَ الحيواناتُ المنويةُ والبويضاتُ. ويحتوي كلٌّ منها على 23 كروموسومًا 1n. وينتجُ عن اندماجِ حيوانٍ منويٍّ معَ بويضةٍ خليّةٌ لاقحةٌ هي البويضةُ المخصَّبةُ Zygote التي تحتوي على 46 كروموسومًا 2n.

مراحلُ الانقسامِ المنصِّف

تمرُّ الخلايا التي تتأهّبُ للانقسامِ المنصِّفِ في مراحلِ الطورِ البينيِّ الثلاث: مرحلةِ النموِّ الأولِ G_1، ومرحلةِ البناء S، ومرحلةِ النموِ الثاني G_2. تَذَكَّرْ أنه خلالَ الطورِ البينيِّ تنمو الخليّةُ لتبلغَ حجمَ النضجِ وتنسخُ الـ DNA الخاصَّ بها. لذلك تبدأُ الخليّةُ بالانقسامِ المنصِّفِ وبداخلِها مجموعةٌ مزدوجةٌ من الكروموسوماتِ مثلما هي الحالُ في الخلايا التي تقومُ بالانقسامِ المتساوي. بما أن الخليّةَ يحدثُ فيها انقسامانِ اثنانِ أثناءَ الانقسامِ المنصِّفِ فإنه ينتجُ عن الخلايا ثنائيةِ المجموعةِ الكروموسوميةِ 2n أربعُ خلايا أُحاديةِ المجموعةِ 1n عوضًا عن خليّتينِ ثنائيّتَي المجموعةِ 2n. تسمّى أطوارُ الانقسامِ الأوّلِ للخليّةِ الانقسامَ الأوّلَ Meiosis I، وتُسمّى أطوارُ الانقسامِ الثاني للخليّةِ الانقسامَ الثاني Meiosis II.

الانقسامُ الأول I

يبيّنُ الشكلُ 4-9 على الصفحةِ التاليةِ الأطوارَ الأربعةَ للانقسامِ الأوّلِ. لاحظْ كيفيةَ توازي هذهِ الأطوارِ مع أطوارِ الانقسامِ المتساوي المرادفةِ لها.

يلتفُّ الـ DNA بإحكامٍ خلالَ الطورِ التمهيديِّ الأوّلِ Prophase I، كما في الشكلِ 4-9 ب، ويتّخذُ شكلَ الكروموسومات. تظهرُ خيوطُ المغزلِ في هذا الطورِ مثلما يحدثُ في الطورِ التمهيديِّ منَ الانقسامِ المتساوي. ثم تتفكّكُ النواةُ وكذلكَ النُّويّة. لاحظْ كيفَ يصطفُّ كلُّ كروموسومٍ إلى جانبِ الكروموسومِ المماثلِ له. إنَّ تزاوجَ الكروموسوماتِ المتماثلةِ، الذي لا يحصلُ خلالَ الانقسامِ المتساوي، يُدعى **الاقتران Synapsis**.

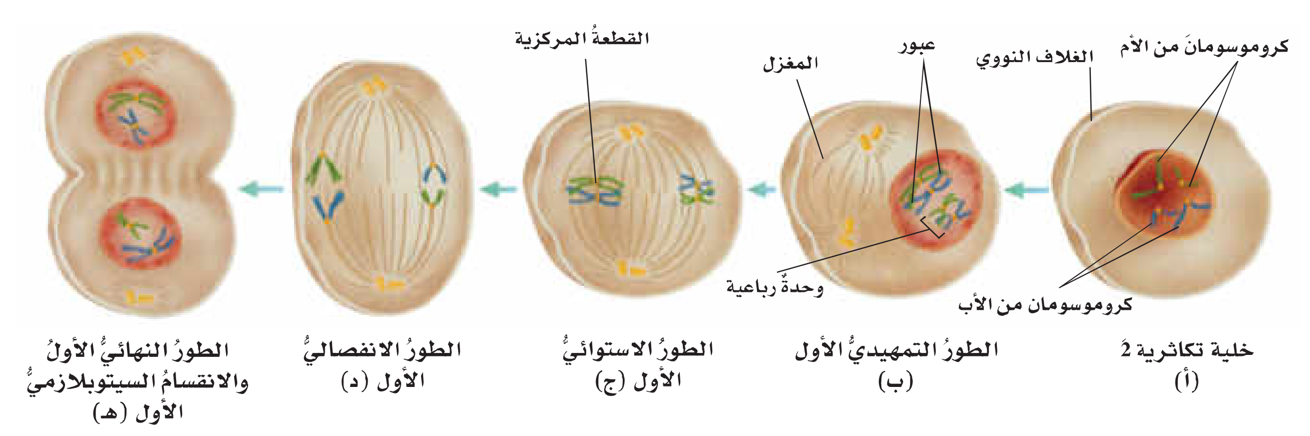
يُسمّى كلُّ زوجٍ منَ الكروموسوماتِ المتماثلةِ **وحدةً رباعية Tetrad**. تصطفُّ كروماتيداتُ كلِّ زوجٍ منَ الكروموسوماتِ المتماثلةِ في الوحدةِ الرباعيةِ طوليًا، بحيثُ تحاذي الجيناتُ الموجودةُ على أحدِ الكروموسومينِ الجيناتِ المرادفةَ لها على

جذرُ الكلمةِ وأصلُها

وَحدةٌ رباعية

tetrad

منَ اليونانيةِ tetras، وتعني «أربعة».



الشكل 4-9
يحدثُ الانقسامُ المنصّفُ في الخلايا التناسليةِ ثنائيةِ المجموعةِ الكروموسومية. يُنسَخُ DNA هذهِ الخلايا قبلَ بدءِ الانقسامِ المنصّف. تنتجُ من الانقسامِ الأوّلِ خليّتان أُحاديّتا المجموعةِ الكروموسومية.

الكروموسومِ الآخر. خلالَ الاقترانِ تلتوي الكروماتيداتُ المتجاورةُ لزوجِ الكروموسوماتِ المتماثلةِ حولَ بعضِها كما يظهرُ في الشكلِ 4-10. قد تنفصلُ قطعٌ من الكروماتيداتِ وتلتصقُ بالكروماتيداتِ المجاورةِ في الكروموسومِ المماثل.

تُعرفُ هذهِ العمليةُ **بالعبورِ Crossing- over** وهيَ تتيحُ تبادلَ الموادِّ الوراثيةِ بينَ الكروموسوماتِ الموروثةِ عن الأبِ والأم. ينشأُ عن عمليةِ العبورِ **تراكيبُ جينيةٌ جديدةٌ Genetic recombination**، وذلكَ عن طريقِ إنتاجِ مزيجٍ جديدٍ للمادةِ الوراثية.

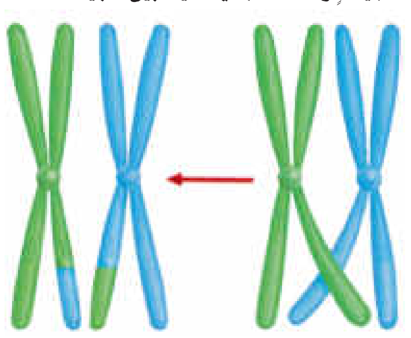
أثناءَ الطورِ الاستوائيِّ الأوّلِ Metaphase I، في الشكلِ 4-9ج، تصطفُّ الوحداتُ الرباعيةُ عشوائيًّا على طولِ الخطِّ الوسطيِّ للخليّةِ التي تنقسم. تتوجّهُ أزواجُ الكروموسوماتِ المتماثلةِ نحوَ قطبَيِ الخليّةِ المتقابلينِ توجُّهًا عشوائيًّا أيضًا. تتصلُ خيوطُ المغزلِ الممتدةُ من أحدِ القطبينِ بالقطعةِ المركزيةِ لأحدِ الكروموسومينِ المتماثلين، فيما تتصلُ خيوطُ المغزلِ الممتدَّةُ منَ القطبِ المقابلِ بالكروموسومِ المتماثلِ في الزوجِ نفسهِ.

أثناءَ الطورِ الانفصاليِّ الأوّلِ Anaphase I، في الشكلِ 4-9د، يتحرّكُ كلُّ كروموسومٍ متماثلٍ (مكوّنٍ من كروماتيدينِ متّصلينِ بالقطعةِ المركزية) في اتجاهِ أحدِ القطبينِ المتقابلينِ في الخليّةِ التي تنقسم، كما هوَ مبيّنٌ في الشكلِ 4-9. يُعرفُ الانفصالُ العشوائيُّ للكروموسوماتُ المتماثلةِ **بالتوزيعِ الحرّ Independent assortment**. يؤدّي التوزيعُ الحرُّ إلى فصلِ كروموسوماتِ الأمِّ والأبِ عشوائيًّا، فينتجُ منهُ تنوعٌ وراثيّ.

الطورُ النهائيُّ الأوّلُ Telophase I، في الشكلِ 4-9هـ، آخرُ أطوارِ الانقسامِ الأوّل. تصلُ الكروموسوماتُ خلالَ هذا الطورِ إلى الطرفينِ المتقابلينِ للخليّةِ وتبدأُ مرحلةُ الانقسامِ السيتوبلازميّ. لاحظْ أنَّ الخلايا الجديدةَ تحتوي على مجموعةٍ أُحاديةٍ منَ الكروموسومات.

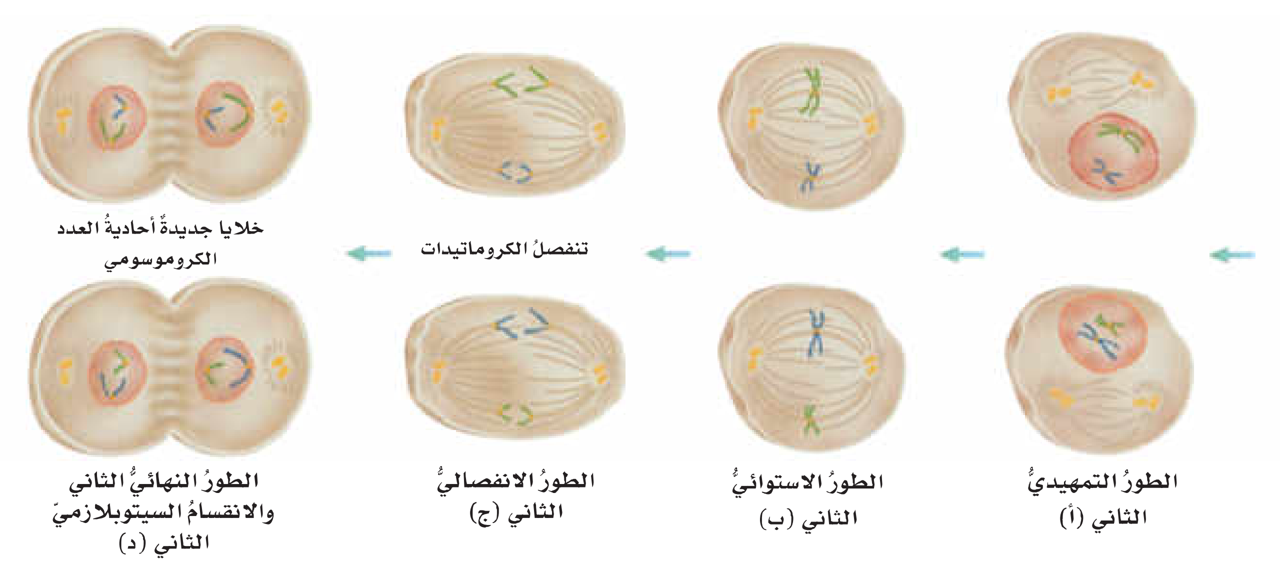
تُنتِجُ الخليّةُ الأصليةُ خلالَ الانقسامِ الأوّلِ خليّتين جديدتين. تضمُّ كلُّ خليّةٍ جديدةٍ كروموسومًا واحدًا من كلِّ زوجٍ متماثل. لهذا ستحتوي كلُّ خليّةٍ جديدةٍ على نصفِ عددِ كروموسوماتِ الخليّةِ الأصلية. إلا أنَّ كلَّ خليّةٍ جديدةٍ تحتوي على نسختينِ من كلِّ كروموسومٍ، نظرًا لنسخِ الـ DNA في الخليّةِ الأصليةِ قبلَ الانقسامِ الأول.

الشكل 4-10
تحدثُ عمليةُ العبورِ عندما تتبادلُ الكروموسوماتُ التي تشكّلُ وحدةً رباعيةً قِطَعًا من كروماتيداتِها. ينتجُ عن عمليةِ العبورِ تبادلُ جيناتٍ واتحاداتٌ جديدةٌ فيما بينَ الجينات.



الانقسامُ الثاني II

يحدثُ الانقسامُ الثاني في كلِّ خليّةٍ نتجتْ من الانقسامِ الأوّلِ لكن دونَ أن تسبقَهُ عمليةُ نسخِ الـ DNA. يبيّنُ الشكلُ 4-11 أحداثَ الانقسامِ الثاني.



الشكل 4-11

يشملُ الانقسامُ الثاني الطورَ التمهيديَّ الثانيَ والطورَ الاستوائيَّ الثانيَ والطورَ الانفصاليَّ الثانيَ والطور النهائيَّ الثاني. هذهِ الأحداثُ تشبهُ إلى حدٍّ بعيدٍ أحداثَ الانقسامِ المتساوي. يَنتجُ من الانقسامِ الثاني أربعُ خلايا جديدةٍ أحاديةِ المجموعةِ الكروموسومية.

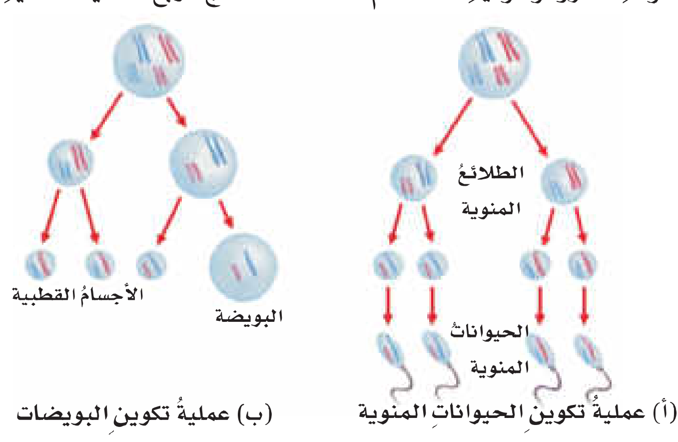
أثناءَ الطورِ التمهيديِّ الثاني Prophase II، في الشكلِ 4-11 أ، تتشكّلُ خيوطُ المغزلِ وتبدأُ بتحريكِ الكروموسوماتِ نحوَ الخطِّ الوسطيِّ للخليّة. تحتلُّ الكروموسوماتُ أثناءَ الطورِ الاستوائيِّ الثاني Metaphase II، في الشكلِ 4-11ب، الخطَّ الوسطيَّ للخليّةِ بمواجهةِ القطبينِ المتقابلين. تنفصلُ الكروماتيداتُ أثناءَ الطورِ الانفصاليِّ الثاني Anaphase II، في الشكلِ 4-11ج، وتتحرّكُ في اتجاهِ قطبَيِ الخليّةِ المتقابلين.

أثناءَ الطورِ النهائيِّ الثاني Telophase II، في الشكلِ 4-11د، يتكوّنُ الغشاءُ النوويُّ حولَ كروموسوماتِ كلٍّ منَ الخلايا الأربعِ الجديدة. يحدثُ الانقسامُ السيتوبلازميُّ الثاني في هذا الطورِ لتنتجَ منهُ أربعُ خلايا جديدةٍ تحتوي كلٌّ منها على نصفِ عددِ كروموسوماتِ الخليّةِ الأصلية.

تكوينُ الأمشاج

ينتجُ عن الانقسامِ المنصِّفِ عند الحيواناتِ خلايا تناسليّةٌ أحاديةُ المجموعةِ الكروموسوميةِ تُسمّى أمشاجًا، كما يظهرُ في الشكلِ 4-12. والخلايا المعنيّةُ بإنتاجِ الأمشاجِ عندَ الحيواناتِ هيَ وحدَها القادرةُ على الانقسامِ المنصِّفِ، لذلك يتمُّ هذا الانقسامُ في أعضائِها التناسلية. وعندَ الرجلِ والمرأةِ يجري الانقسامُ المنصِّفُ في الخصيتينِ والمَبيضين.

يقومُ الانقسامُ المنصِّفُ في الخِصْيَتينِ بإنتاجِ أمشاجٍ ذكريةٍ، تُعرفُ بالحيواناتِ المنوية. أثناءَ تكوينِ الحيواناتِ المنويةِ تحقِّقُ الخليّةُ التناسليةُ ثنائيةُ المجموعةِ الكروموسوميةِ الانقسامَ المنصِّفَ لتنتجَ أربعَ خلايا أُحاديةِ المجموعةِ



الشكل 4-12

(أ) أثناءَ تكوينِ الأمشاجِ الذكريةِ تُنتجُ خليّةٌ أصليةٌ أربعةَ حيواناتٍ منويةٍ عن طريقِ الانقسامِ المنصِّفِ (ب) أثناءَ تكوينِ البويضاتِ تُنْتجُ خليّةٌ أصليةٌ بويضةً واحدةً وثلاثةَ أجسامٍ قطبيةٍ عبرَ الانقسامِ المنصِّف. تتلقّى البويضةُ الجزءَ الأكبرَ من سيتوبلازمِ الخليّةِ الأصلية.

الكروموسومية، تُدعى **الطلائعَ المنوية Spermatids**. تتطوّرُ كلُّ طليعةٍ منويةٍ لتصبحَ حيوانًا منويًا ناضجًا. تُسمّى عمليةُ إنتاجِ الحيواناتِ المنويةِ **عملية تكوين الحيواناتِ المنوية Spermatogenesis** الشكل 4-12أ.

عمليةُ تكوينِ البويضات Oogenesis هيَ العمليةُ التي يتمُّ بواسطتِها إنتاجُ الأمشاجِ الأنثويةِ الناضجةِ أو البُوَيْضات. خلالَ هذهِ العمليةِ تقومُ خلايا تناسليةٌ ثنائيةُ المجموعةِ الكروموسوميةِ بالانقسامِ الأوّل، كما هوَ مبيّنٌ في الشكلِ 4-12 ب. ينتجُ من هذا الانقسامِ خليةٌ كبيرةٌ هيَ الخليّةُ التي ستتحوّلُ إلى بويضةٍ تحتوي على معظمِ سيتوبلازمِ الخليّةِ الأصلية. وينتجُ كذلكَ خليةٌ صغيرةٌ هيَ **الجسمُ القطبيُّ Polar body** الأول. أثناءَ الانقسامِ الثاني، تنقسمُ الخليةُ الكبيرةُ فتنتجُ البويضةَ وجسمًا قطبيًّا ثانيًا. أما الجسمُ القطبيُّ الأولُ فقد ينقسمُ إلى جسمينِ قطبيين، ويصبحُ مجموعُ الأجسامِ القطبيةِ ثلاثة. وقد لا ينقسمُ الجسمُ القطبيُّ الأولُ، وعندها يكونُ مجموعُ الأجسامِ القطبيةِ اثنين. وإنَّ جميعَ الأجسامِ القطبيةِ تتلاشى.

التكاثرُ اللاجنسيُّ والتكاثرُ الجنسي

التكاثرُ اللاجنسيُّ Asexual reproduction هوَ إنتاجُ كائناتٍ حيةٍ انطلاقًا من فردٍ واحدٍ (دونَ الحاجةِ إلى ذكرٍ وأنثى). في العادةِ، لا يشملُ التكاثرُ اللاجنسيُّ انقسامًا خلويًا منصِّفًا أو اتحادًا في الأمشاج. عند الكائناتِ أُحاديةِ الخليّةِ، كالبكتيريا مثلاً، تنتجُ كائناتٌ جديدةٌ إما عن طريقِ الانشطارِ الثنائيِّ أو عن طريقِ الانقسامِ المتساوي. ينجمُ التكاثرُ اللاجنسيُّ عندَ الكائناتِ عديدةِ الخلايا عن تبرعمِ بعضِ أجزاءِ أجسامِها، كما يظهرُ في الشكلِ 4-13. الكائناتُ الحيةُ الناتجةُ من التكاثرِ اللاجنسيِّ متطابقةٌ وراثيًّا معَ الكائنِ الأصلي.

التكاثرُ الجنسيُّ Sexual reproduction هو إنتاج كائناتٍ حيةٍ عن طريقِ الانقسامِ المنصِّفِ واندماجِ حيوانٍ منويٍّ وبويضة. الكائناتُ الناتجةُ عن التكاثرِ الجنسيِّ مختلفةٌ وراثيًا عن الوالدينِ بسببِ اختلاطِ الجيناتِ بطرقٍ متنوعةٍ أثناءَ الانقسامِ المنصِّف. توجدُ لدى الكائناتِ الناتجةِ منَ التكاثرِ الجنسيِّ، ما عدا التوائمَ المتطابقةَ Identical twins، مجموعةُ جيناتٍ فريدةٍ، مصدرُها ائتلافُ جيناتِ الأبوينِ معًا. للتكاثرِ الجنسيِّ ميزةٌ تتمثّلُ في تمكّنِ أنواعِ الكائناتِ الحيّةِ منَ التكيّفِ السريعِ معَ الظروفِ الجديدة. إذا أصابَ مرضٌ أحدَ محاصيلِ الحبوبِ مثلاً، فإنهُ يمكنُ أن تكونَ لبعضِ نباتاتِهِ تنوعاتٌ وراثيةٌ تجعلُها تقاومُ هذا المرض. هذهِ النباتاتُ القليلةُ المقاومةُ تحيا وتتكاثر، في حين يموتُ العديدُ منَ النباتاتِ الأخرى.

الشكل 4-13
العديدُ من النباتاتِ، كنبتةِ كالنشو Kalanchoe هذه، تُنتِجُ نبتاتٍ صغيرةً عن طريقِ التكاثرِ اللاجنسي. وكلُّ نبتةٍ صغيرةٍ نتجتْ عن طريقِ الانقسامِ المتساوي، تحملُ خصائصَ موروثةً مطابقةً لتلكَ الموجودةِ في النبتةِ الأم.



مراجعةُ القسم 3-4

1. أُذكرِ اختلافينِ بينَ الانقسامِ المنصِّفِ والانقسامِ المتساوي.
2. في أيِّ مرحلةٍ من مراحلِ الانقسامِ المنصفِ يتمُّ اختزالُ العددِ الثنائيِّ الكروموسوميِّ إلى عددٍ أُحاديّ؟
3. ما عددُ الكروموسوماتِ في أمشاجِ الإنسانِ السليمة؟
4. ما دورُ عمليةِ العبورِ في التنوعِ الوراثيّ؟
5. صفِ الفروقَ الأساسيةَ بينَ عمليّتيْ تكوينِ الحيواناتِ المنويةِ والبويضات.
6. **تفكيرٌ ناقد** لماذا تبدو كروموسوماتُ الخلايا أُحاديةِ المجموعةِ الكروموسوميةِ، الناتجةُ منَ الانقسامِ الأوّلِ، مختلفةً عن كرموسوماتِ الخلايا الناتجةِ منَ الانقسامِ الثاني خلالَ الانقسامِ المنصّفِ ؟

مراجعةُ الفصل 4

ملخّص / مفردات

1-4

- الكروموسوماتُ هيَ جزيئات DNA ملتفّةٌ بإحكامٍ ومرفَقَةٌ ببروتينات.
- عندَ الكائناتِ حقيقيةِ النواةِ تساعدُ بروتيناتُ الهستون في المحافظةِ على التركيبةِ المتراصةِ للكروموسومات.
- كلُّ كروموسومٍ في الخلايا التي تنقسمُ يتألّفُ من كروماتيدَيْن متطابقين يتخصّران معًا عندَ القطعةِ المركزية.
- الكروموسوماتُ صنفان، كروموسوماتٌ جنسيةٌ وكروموسوماتٌ جسمية.
- الكروموسوماتُ المتماثلةُ تتألّفُ من كروموسومٍ جسميٍّ واحدٍ من كلٍّ منَ الأبوين.
- العددُ الكروموسوميُّ الثنائيُّ 2n هوَ عددُ مجموعِ الكروموسوماتِ الموجودةِ في الخلايا التي تحتوي على أزواجٍ متماثلةٍ منَ الكروموسوماتِ الجسميةِ وعلى كروموسومين جنسيّين.
- الخلايا أحاديةُ المجموعةِ الكروموسوميةِ 1n تحتوي على نصفِ عددِ كروموسوماتِ الخلايا ثنائيةِ العددِ الكروموسوميّ.

مفردات

- أُحاديُّ المجموعةِ الكروموسومية (73) Haploid
- ثنائيُّ المجموعةِ الكروموسومية (73) Diploid
- غيرُ هستوني (71) Nonhistone
- القطعةُ المركزية (71) Centromere
- الكروماتيد (71) Chromatid
- الكروموسومُ الجنسيّ (72) Sex chromosome
- الكروموسومُ الجسميّ (72) Autosome
- الكروموسومُ المتماثل (72) Homologus chromosome
- مخطّطُ الكروموسومات (73) Karyotype
- الهستون (71) Histone

2-4

- الانقسامُ الخلويُّ هوَ العمليةُ التي تتكاثر من خلالها الخلايا.
- الانشطارُ الثنائيُّ هوَ عمليةُ الانقسامِ الخلويِّ في الكائناتِ بدائيةِ النواة.
- دورةُ حياةِ الخليّةِ هيَ مجموعُ المراحلِ التي تتكوّنُ منها حياةُ الخليّة. تشملُ دورةُ حياةِ الخليّةِ مرحلةَ الانقسامِ الخلويِّ والطورَ البينيّ.
- الانقسامُ الخلويُّ في الكائناتِ حقيقيةِ النواةِ يتضمّنُ انقسامَ النواةِ (الانقسامَ المتساوي) وانقسامَ السيتوبلازم (الانقسام السيتوبلازمي).
- الطورُ البينيُّ يتألّفُ من مرحلةِ النموِّ الأولِ (G_1) ومرحلةِ تضاعفِ الـ DNA (مرحلة البناء S) ومرحلةِ النموِّ الثاني (G_2).
- الانقسامُ المتساوي يتكوّنُ منَ الطورِ التمهيديِّ والطورِ الاستوائيِّ والطورِ الانفصاليِّ والطورِ النهائي. ينتجُ منَ الانقسامِ المتساوي خليّتانِ جديدتانِ متطابقتانِ وراثيًا معَ الخليّةِ الأصلية.

مفردات

- أخدودُ الانشقاق (77) Cleavage furrow
- الانشطارُ الثنائي (74) Binary fission
- الانقسامُ السيتوبلازمي (75) Cytokinesis
- الانقسامُ المتساوي (74) Mitosis
- الانقسامُ المنصّف (74) Meiosis
- الجسمُ المركزيّ (76) Centrosome
- دورةُ حياة الخليّة (75) Cell cycle
- الصفيحةُ الخلوية (77) Cell Plate
- الطورُ الاستوائيّ (76) Metaphase
- الطورُ الانفصاليّ (76) Anaphase
- الطورُ البينيّ (75) Interphase
- الطورُ التمهيديّ (76) Prophase
- الطورُ النهائيّ (77) Telophase
- مرحلةُ الانقسام المتساوي للنواة (75) M Phase
- مرحلةُ البناء (75) S Phase
- مرحلةُ السكون (75) G_0 Phase
- مرحلةُ النموّ الأول (75) G_1 Phase
- مرحلةُ النموّ الثاني (75) G_2 Phase
- المريكز (76) Centriole

3-4

- أثناءَ الانقسامِ المنصِّفِ تنقسمُ الخليّةُ مرّتين.
- عمليةُ العبورِ التي تتمُّ أثناءَ الانقسامِ المنصِّفِ تؤدّي إلى تراكيبَ جينيةٍ جديدة.
- عمليةُ تكوينِ الأمشاجِ الذكريةِ هي عمليةُ إنتاجِ الحيواناتِ المنويّة. وعمليةُ تكوينِ البويضاتِ هي عمليةُ إنتاجِ الأمشاجِ الأنثوية.
- التكاثرُ اللاجنسيُّ هوَ إنتاجُ كائناتٍ حيةٍ جديدةٍ انطلاقًا من فردٍ واحد. للكائناتِ الحيه الناتجةِ منَ التكاثرِ اللاجنسيِّ تطابقٌ وراثيٌّ معَ الكائنِ الأصل.
- التكاثرُ الجنسيُّ هوَ إنتاجُ كائناتٍ حيةٍ عن طريقِ دمجِ حيوانٍ منويٍّ وبويضة. الكائناتُ الناتجةُ عن التكاثرِ الجنسيِّ مختلفةٌ وراثيًا عنِ الأبوين.

مفردات

- الاقتران (79) Synapsis
- تراكيبُ جينيةٌ جديدة (80) Genetic recombination
- التكاثرُ الجنسيّ (82) Sexual reproduction
- التكاثرُ اللاجنسيّ (82) Asexual reproduction
- التوزيعُ الحرّ (80) Independent assortment
- الجسمُ القطبيّ (82) Polar body
- الطليعةُ المنوية (82) Spermatid
- العبور (80) Crossing -over
- عمليةُ تكوينِ البويضات (82) Oogenesis
- عمليةُ تكوين الحيوانات المنوية (82) Spermatogenesis
- المشيج (79) Gamete
- الوحدةُ الرباعية (79) Tetrad

مراجعة

مفردات

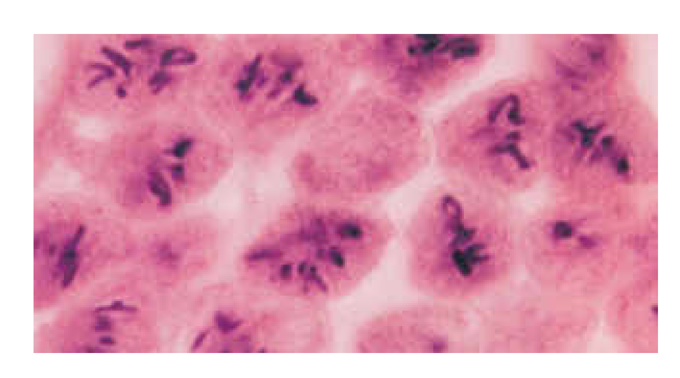
1. ميّزْ بينَ الانقسامِ المتساوي والانقسامِ المنصِّفِ والانقسامِ السيتوبلازميّ.
2. ميّزْ بينَ الكروموسومِ الجسميِّ والكروموسومِ الجنسي.
3. ما الفرقُ بينَ خليةٍ ثنائيةِ المجموعةِ الكروموسوميةِ وخليةٍ أُحاديةِ المجموعةِ الكروموسوميّة؟

اختيارٌ من متعدِّد

4. كروموسوماتُ الخلايا بدائيةِ النواةِ (أ) تتضمّنُ كروموسومينِ على الأقل (ب) مكوّنةٌ من DNA ملتفٍّ بإحكامٍ حولَ بروتيناتِ الهستون (ج) تضمُّ بروتيناتٍ هستونيةٍ وغيرَ هستونية (د) تتكوّنُ من جزيءِ DNA على شكلِ حلقة.
5. الكروماتيد هوَ (أ) صبغٌ قاتِم (ب) مادةٌ كثيفةٌ داخلَ الغشاءِ النوويِّ لخليّةٍ لا تقومُ بالانقسام (ج) أحدُ القسمينِ المتطابقينِ المكوِّنينِ للكروموسوم (د) النقطةُ التي يلتقي عندَها الكروماتيدانِ من كلِّ كروموسوم.
6. كلُّ نوعٍ منَ الكائناتِ الحيّةِ له (أ) أمشاجٌ أُحاديةُ المجموعةِ الكروموسومية (ب) عددُ كروموسوماتٍ معيَّنٍ ضمنَ كلِّ خليّةٍ (ج) ثمانيةُ كروموسوماتٍ على الأقلِّ لكلِّ خليّة (د) عددٌ منَ الكروموسوماتِ يختلفُ باختلافِ مستوى تعقيدِ الكائنِ الحيّ.
7. الانشطارُ الثنائيُّ هوَ (أ) انقسامُ النواةِ في الخلايا (ب) انقسامُ خلايا حقيقيةِ النواة (ج) التكاثرُ الجنسيُّ عندَ الكائناتِ بدائيةِ النواة (د) انقسامُ الخلايا بدائيةِ النواة.
8. الانقسامُ المتساوي (أ) بإمكانهِ زيادةُ عددِ خلايا الجسمِ دونَ تغييرِ المعلوماتِ التي تحتوي عليها DNA هذهِ الخلايا (ب) هوَ وسيلةٌ للتكاثرِ الجنسيّ (ج) لا يتسببُ بهِ حجمُ الخليّةِ بتاتًا (د) يُنتِجُ خلايا جديدةً تختلفُ وراثيًّا عنِ الخليّةِ الأصل.
9. الطورُ البينيُّ (أ) مكوَّنٌ منَ المراحلِ G_1، G_2، G_3 (ب) هو الفترةُ الزمنيةُ ما بينَ الانقسامِ الأوّلِ والانقسامِ الثاني من الانقسامِ المنصِّف (ج) هوَ قسمٌ صغيرٌ من دورةِ حياةِ الخليّة (د) هوَ مرحلةُ نموِّ الخليّةِ وتطوّرِها.
10. الانقسامُ السيتوبلازميُّ (أ) يختلفُ في خلايا الحيوانِ عنهُ في خلايا النبات (ب) لا يحدثُ في خلايا النبات (ج) يسبقُ الانقسامَ المتساويَ مباشرةً (د) هوَ عمليةٌ لا تحدثُ في الانشطارِ الثنائي.
11. عمليةُ تكوينِ الأمشاجِ الذكريةِ تُنتِجُ (أ) أربعَ خلايا أُحاديةِ المجموعةِ الكروموسومية (ب) أربعَ خلايا ثنائيةِ المجموعةِ الكروموسوميةِ (ج) خليّةً واحدةً أُحاديةَ المجموعةِ الكروموسوميةِ وثلاثةَ أجسامٍ قطبية (د) خليّتينِ أُحاديّتَي المجموعةِ الكروموسومية.
12. عمليةُ تكوينِ البويضاتِ (أ) تُنتِجُ خلايا ثنائيةَ المجموعةِ الكروموسومية (ب) تتطلّبُ انقساماتٍ خلويةً منَ النوعِ المنصِّف (ج) تنتجُ أربعَ بويضات (د) تنتج خليّةً واحدةً ثنائيةَ المجموعةِ الكروموسوميةِ وثلاثةَ أجسامٍ قطبية.
13. تتمُّ عمليةُ العبورِ أثناءَ (أ) الانقسامِ المتساوي (ب) الطورِ البينيّ (ج) الانقسامِ الثاني من الانقسامِ المنصِّف (د) الانقسامِ الأوّلِ من الانقسامِ المنصِّف.

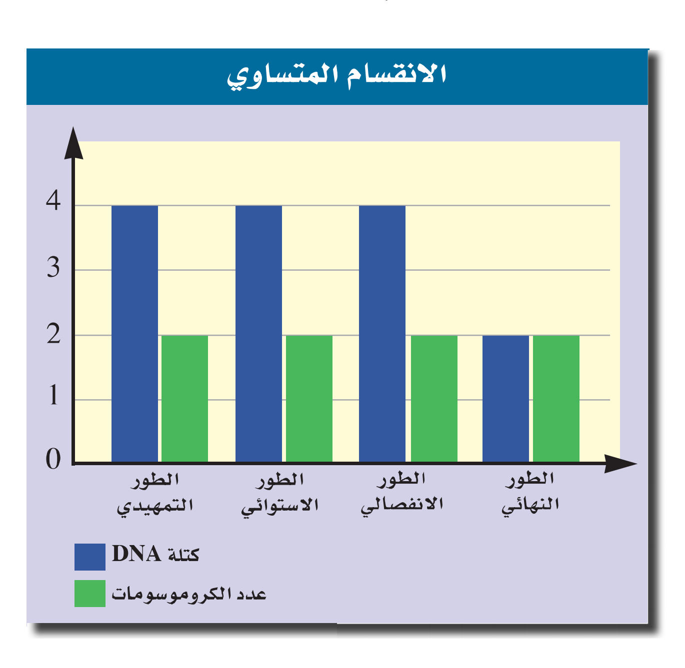
إجابةٌ قصيرة

14. ما المقصودُ بعبارةِ «الانشطارِ الثنائي»؟ في أيِّ نوعٍ منَ الكائناتِ يحدثُ هذا النوعُ منَ الانقسامِ الخلويّ؟
15. وضّحْ أحداثَ المراحلِ G_0 وG_1 و G_2 .
16. ما دورُ الخلايا أُحاديةِ المجموعةِ الكروموسوميةِ في التكاثرِ الجنسيّ؟
17. ما الفارقُ الرئيسُ بينَ الطورِ الانفصاليِّ من الانقسامِ المتساوي والطورِ الانفصاليِّ الثاني من الانقسامِ المنصِّف؟
18. ميّزْ بينَ التكاثرِ الجنسيِّ والتكاثرِ اللاجنسي.
19. تبيِّن الصورةُ الفوتوغرافيةُ اللاحقةُ الانقسامَ الخلويَّ داخلَ خِصْيةِ جُنْدُبٍ، حيثُ الخلايا الناتجةُ هيَ الأمشاج. أتُظهرُ لكَ هذهِ الصورةُ الفوتوغرافيةُ انقسامًا متساويًا أم انقسامًا منصِّفًا؟ اشرح إجابتَك.



تفكيرٌ ناقد

1. هل يمكنُ حدوثُ انقسامٍ متساوٍ في أيِّ خليّةٍ دونَ الانقسامِ السيتوبلازميّ؟ وثّق إجابتك. صفِ الخليّةَ الجديدةَ في مرحلةٍ من دورتِها.
2. إذا اعتبرْنا أنَّ قيمةَ كتلةِ الـ DNA في حيوانٍ منويٍّ (خليّةٌ أُحاديةُ المجموعةِ الكروموسومية) هيَ 1، فما القيمةُ النسبيةُ لكتلةِ الـ DNA في الخليّةِ الأمِّ أثناءَ المرحلةِ G_2 من دورةِ حياةِ الخليّة؟
3. هل تكونُ كتلةُ الـ DNA في خليّةٍ أثناءَ الطورِ الاستوائيِّ الثاني مساويةً لكتلةِ الـ DNA في خليّةٍ ثنائيةِ المجموعةِ الكروموسوميةِ أثناءَ مرحلةِ G_1 من دورةِ حياةِ الخليّة؟ فصِّل إجابتك، مفترضًا أنَّ الخليّتينِ عائدتانِ للحيوانِ نفسه.
4. هل تُعدُّ خليّةُ إنسانٍ تحتوي على 23 كروموسومًا خليّةً أُحاديةَ المجموعةِ الكروموسومية؟ اشرحْ إجابتك.
5. كي تعملَ الخليّةُ بشكلٍ فعّالٍ يجبُ أن تزيدَ مساحةُ سطحِها عن حجمِها كثيرًا. اشرحْ كيف يعملُ الانقسامُ الخلويُّ للحفاظِ على العلاقةِ بينَ مساحةِ سطحِ الخليّةِ وبينَ حجمِها، وكيفَ يحافظُ ذلك على الاتزانِ الداخليِّ للخليّة؟
6. أحداثُ الانقسامِ المتساوي في الحيواناتِ والنباتاتِ متشابهةٌ جدًا، عدا غيابِ المريكزاتِ منَ النبات. كيفَ انعكسَ غيابُ المريكزاتِ منَ النباتِ على آراءِ العلماءِ حولَ وظيفتِها في الانقسامِ المتساوي؟
7. يعرضُ الرسمُ البيانيُّ اللاحقُ كتلةَ الـ DNA وعددَ الكروموسوماتِ في كلِّ طورٍ من أطوارِ الانقسامِ المتساوي. استنادًا إلى المعلوماتِ الواردةِ في الرسمِ البيانيِّ، في أيِّ طورٍ من أطوارِ الانقسامِ المتساوي تُعتبرُ الكروماتيداتُ بمثابةِ كروموسومات؟ فصِّل إجابتك.



8. نفِّذْ رسومًا بيانيةً تُظهرُ كتلةَ DNA وعددَ الكروموسوماتِ في كلِّ طورٍ من أطوارِ الانقسامِ الأوّلِ والثاني من الانقسامِ المنصِّف. يجب أن تَتَّبِعَ رسومُكَ البيانيةُ النسقَ نفسَهُ المعتمدَ معَ الانقسامِ المتساوي فيما يتعلّقُ بالطورِ الانفصالي. خذْ بعينِ الاعتبارِ كتلةَ DNA لدى خليّةٍ جديدةٍ واحدةٍ عندَ نهايةِ هذا الطور. استعملِ العددَ 1 رمزًا لكتلةِ الـ DNA في بويضةِ امرأة. افترِضْ أنَّ عددَ الكروموسوماتِ داخلَ بويضةٍ نسائيةٍ هوَ 1.

توسيعُ آفاقِ التفكير

1. اعمَلْ بحثًا بالاستنادِ إلى مراجعَ في المكتباتِ أو وثائقَ على الإنترنت تهتمُّ بكيفيةِ اختلافِ الخلايا السرطانيةِ عنِ الخلايا السليمةِ فيما يتعلّقُ بدورةِ حياةِ الخلية. ناقشْ نتائجَ بحثِكَ معَ زملائِكَ في الصف.

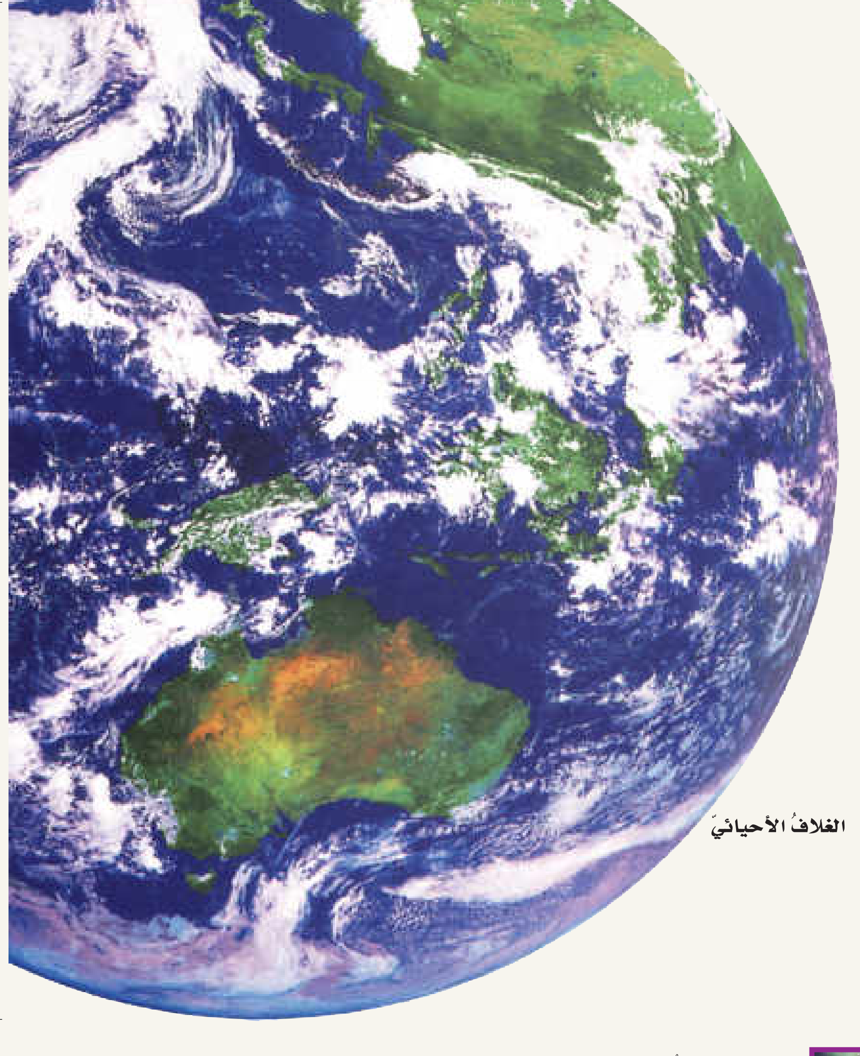
الوحدة 3

علمُ البيئة

الفصول



في التنوعِ الأحيائيِّ، تأتي مجموعاتُ الشعابِ المرجانيةِ في المرتبةِ الثانيةِ بعد الغاباتِ المطيرةِ.



الغلافُ الأحيائيّ



الدببةُ من بينِ أكبرِ الحيواناتِ المفترسةِ على اليابسة.

تساعدُ المحاكاةُ حشرةَ جملِ الجرادِ هذه في الهربِ من الحيواناتِ المفترسةِ ومن أن تكونَ فريسةً محتملةً في آن.



إن الغاباتِ المطيرةَ الاستوائيةَ أكثرُ وفرةً بأنواعِ الكائناتِ الحيةِ من المناطقِ الأخرى على كوكبِ الأرض.

الفصــــــلُ 5

مدخلٌ إلى علمِ البيئة



منظرٌ للغلافِ الأَحيائيِّ كما يُشاهَدُ من الفضاء.

المفهومُ الرئيس: الاعتمادُ المتبادلُ بين الكائناتِ الحية

وأنتَ تقرأُ، لاحظْ أن الكائناتِ كلَّها تؤثِّرُ وتتأثرُ بالمكوِّناتِ الحيةِ وغيرِ الحيةِ لبيئتِها.

القســـم

1-5

النواتجُ التعليمية

▲ يعرِّفُ مصطلحَ علمِ البيئةِ ويشرحُ أهمّيّةَ علمِ البيئة.

● يحدِّدُ المستوياتِ الخمسةَ المختلفةَ للتنظيمِ في علمِ البيئة.

■ يشرحُ موضوعَ الترابطِ المتداخل.

علمُ البيئة

علمُ البيئةِ Ecology هو دراسةُ التفاعلاتِ القائمةِ بين الكائناتِ الحيّةِ وما في بيئتِها من كائناتٍ حيّةٍ ومكوّناتٍ غيرِ حيّة. يوجدُ على الأرضِ تنوّعٌ هائلٌ من الكائناتِ الحيّة. يعتمدُ كلُّ كائنٍ حيٍّ بطريقةٍ معيّنةٍ على الكائناتِ الحيّةِ والمكوّناتِ غيرِ الحيّةِ الموجودةِ في بيئتِه. لذلك يُعنى علمُ البيئةِ بجمعِ المعلوماتِ المتعلّقةِ بالكائناتِ الحيّةِ وبيئاتِها. ويرصُدُ الأنماطَ ويبحثُ عن طرقِ تفسيرِها.

مستوياتُ التنظيم

لاحظَ عُلماءُ البيئةِ تسلسليةً في مستوياتِ التنظيمِ المختلفةِ في البيئة، كما في صورةِ الشكل 1-5. يمتازُ كلُّ مستوى بخصائصَ فريدةٍ تنتجُ من التفاعلاتِ المتبادلةِ بين مكوّناتِه. هذه الخصائصُ الفريدةُ لا يمكنُ التعرفُ إليها ببساطةٍ من خلالِ دِراسةِ المستوياتِ الدنيا في التسلسلية. ولأسبابٍ عملية، غالبًا ما يركِّزُ علماءُ البيئةِ أبحاثَهم على واحدٍ من مستوياتِ هذا التنظيم، لكنهمْ يدركونَ أيضًا أن كلَّ مستوى يتأثّرُ بعملياتٍ تحدثُ في مستوياتِ تنظيمٍ أخرى.

الغلافُ الأحيائيّ

الغلافُ الأحيائيُّ Biosphere هو أوسعُ مستوياتِ التنظيمِ وأكثرُها شمولية. هو سطحُ الأرضِ وغلافُها الجوّيُّ الذي يرتكزُ عليه. تتواجدُ الكائناتُ الحيّةُ كلُّها ضمنَ الغلافِ الأحيائيّ. وغالبًا ما يصوِّرُ علماءُ البيئةِ الغلافَ الأحيائيَّ على صورةِ طبقةٍ رقيقةٍ سُمْكُها حوالَيْ 20 km، وتغطّي كوكبًا لا يبدو مهمًّا لولا هذه الطبقة. الكائناتُ الحيّةُ غيرُ موزّعةٍ بالتساوي على كلِّ أرجاءِ الغلافِ الأحيائيّ، بل إن غالبيةَ الكائناتِ الحيّةِ تتواجدُ ضمن سُمْكِ كيلومتراتٍ قليلةٍ من سطحِ الأرضِ أو سطحِ المحيطات.

النُّظمُ البيئية

يتكوّنُ الغلافُ الأحيائيُّ من وحداتٍ أصغرَ تُسمّى النُّظُمَ البيئية. يشتملُ **النظامُ البيئيُّ Ecosystem** على جميعِ الكائناتِ الحية، إضافةً إلى المكوِّناتِ غيرِ الحيةِ الموجودةِ في مكانٍ معيَّن. خذْ مثلاً النظامَ البيئيَّ لبِرْكةِ ماء. يحتوي هذا النظامُ على أنواعٍ مختلفةٍ من الكائناتِ الحية، كالسمَك، والسلاحف، والنباتاتِ المائية، والطحالب، والحشرات، والبكتيريا. تتفاعلُ هذه الكائناتُ بطرقٍ تؤثّرُ في بقائها حيّة. فعلى سبيلِ المثالِ تقتاتُ الحشراتُ والأسماكُ بالنباتاتِ المائية، في حينِ تؤمِّنُ السلاحفُ قوتَها من الأسماك. كذلك يشتملُ النظامُ البيئيُّ للبركةِ على جميعِ سماتِها غيرِ الحية (الفيزيائيةِ والكيميائية)، وهي ذاتُ تأثيرٍ كبيرٍ على ما يعيشُ فيها. إن التركيبَ الكيميائيَّ للبركةِ - كمّياتِ الأُكسجين وثاني أُكسيدِ الكربون الذائبين في الماء، وما تُعطيه الكائناتُ الحيةُ من النيتروجين، ورقمِها الهيدروجيني - كلُّ ذلك يسهمُ في تحديدِ أنواعِ الكائناتِ الحيةِ التي تعيشُ في البِرْكةِ وفي تحديدِ كميتِها. كمّيةُ

جذرُ الكلمةِ وأصلُها

علمُ البيئة

ecology

من الكلمةِ اليونانيةِ oikos، ومعناها «منزل» و logos ومعناها «علم».



الشكل 1-5
نظرًا للتعقيدِ في علمِ البيئةِ نُظِّمَ هذا العلمُ وفقًا لخمسةِ مستويات.

ضوءِ الشمسِ التي تصلُ إلى البِرْكةِ هي عاملٌ فيزيائيٌّ حيويٌّ مهمٌّ جدًّا، لأن ضوءَ الشمسِ هو مصدرُ الطاقةِ الأساسيُّ للكائناتِ الحيةِ التي تعيشُ في البِرْكة.

المجتمعاتُ الأحيائيةُ والجماعاتُ الأَحيائيةُ والكائناتُ الحيّة

فيما يشتملُ النظامُ البيئيُّ على الكائناتِ الحيةِ والمكوِّناتِ غيرِ الحية، يشتملُ المجتمعُ الأحيائيُّ على الكائناتِ الحيةِ وحدَها. **المجتمعُ الأحيائيُّ Community** هو مجموعُ الكائناتِ الحيّةِ المتفاعلةِ مع بعضِها في منطقةٍ محددة. على سبيلِ المثال، إن جميعَ الأسماكِ والسلاحفِ والنباتاتِ والطحالبِ والبكتيريا المتواجدةِ في البركةِ، التي تمَّ وصفُها في ما سَبَق، تشكلُ مجتمعًا أحيائيًّا. والمجتمعُ الأحيائيُّ، بالرغمِ من كونِهِ أقلَّ شموليةً من النظامِ البيئيِّ يبقى شديدَ التعقيد، وقد يحتوي على الآلافِ من أنواعِ الكائناتِ الحيّة. غالبًا ما يركِّزُ علماءُ البيئةِ الذين يدْرسونَ المجتمعَ الأحيائيَّ على كيفيةِ التفاعلِ بين هذه الأنواعِ وعلى كيفيةِ تأثيرِهِ في طبيعةِ المجتمعِ الأحيائيّ.

يقعُ مستوى **الجماعةِ الأحيائيةِ Population**، في التنظيمِ البيئيِّ، دون مستوى المجتمعِ الأحيائيّ، لذا يتمُّ التركيزُ على أفرادِ نوعٍ واحدٍ من الكائناتِ الحيةِ التي تعيشُ في مكانٍ واحد، وفي وقتٍ واحد.

يُعتبرُ الكائنُ الحيُّ Organism المستوى التنظيميَّ الأبسطَ في البيئة. ويتركّزُ البحثُ عند هذا المستوى على التكيُّفاتِ التي تسمحُ للكائناتِ الحيّةِ بالتغلّبِ على تحدِّياتِ بيئتِها.

موضوعٌ أساسيٌّ في علمِ البيئة

هناك حقيقةٌ مهمّةٌ عليكَ أن تحفظَها في ذهنِك عند مباشرتِكَ درسَ علمِ البيئة، هي عدمُ وجودِ أيِّ كائنٍ حيٍّ في عزلة. الترابطُ المتداخلُ لكلِّ الكائناتِ الحيةِ موضوعٌ أساسيٌّ في دراسةِ علمِ البيئة. فجميعُ الكائناتِ الحيةِ تتفاعلُ مع كائناتٍ حيةٍ أخرى في أوساطِها، كما تتفاعلُ مع الأجزاءِ غيرِ الحيةِ من بيئتِها. وعلى هذه التفاعلاتِ يعتمد بقاءُ الكائناتِ الحيّة. هكذا، كلُّ نظامٍ بيئيٍّ هو بمثابةِ شبكةٍ تترابطُ فيها الكائناتُ

الحيةُ مع كائناتٍ حيةٍ أخرى، كما تترابطُ مع البيئةِ غيرِ الحيّة. يشيرُ علماءُ البيئةِ إلى هذه الميزةِ باسمِ الترابطِ المتداخلِ Interconnectedness. على سبيلِ المثال، لا يمكنُكَ البقاءُ حيًّا دون النباتاتِ أو الكائناتِ الأخرى ذاتِ البناءِ الضوئيِّ التي تُنتِجُ الأُكسجين. تحتاجُ خلاياكَ إلى الأُكسجينِ لاستخراجِ الطاقةِ الموجودةِ في الغذاء. الخلايا تهلِكُ إذا حُرِمتْ من الأُكسجينِ ولو لدقائقَ قليلة. وبالعكسِ تعتمدُ الكائناتُ ذاتُ البناءِ الضوئيِّ على إطلاقِ غازِ ثاني أُكسيدِ الكربونِ الناجمِ عن عمليةِ التنفسِ الخلويِّ للكائناتِ الحيةِ الأخرى، كالإنسانِ مثلاً، وعلى العملياتِ الجيوكيميائيةِ كالانفجاراتِ البركانية. إن غازَ ثاني أُكسيدِ الكربونِ مادةٌ خامٌ أساسيةٌ في تصنيعِ الكربوهيدرات.

الاضطراباتُ في النظمِ البيئية

إحدى العواقبِ المهمّةِ للترابطِ المتداخلِ بين الكائناتِ الحيةِ تكمنُ في أن أيَّ اضطرابٍ أو تغيُّرٍ في النظامِ البيئيِّ يستطيعُ أن ينتشرَ عبر شكبةٍ من التفاعلات، فيؤثِّرُ في النظامِ البيئيِّ على نطاقٍ واسع، وبطرقٍ غيرِ متوقّعةٍ في أغلبِ الأحيان. هذا ما يظهرُهُ المثالُ التالي الذي يبيِّنُ بعضَ العلاقاتِ المتداخلةِ لبعضِ أنواعِ الكائناتِ الحيةِ في غابةٍ من السنديان. إن عددَ المصابينَ بمرضِ لايم Lyme، وهو إصابةٌ بكتيريةٌ يمكنُها الإضرارُ بالجهازِ العصبيِّ، يتعلقُ بكمِّيةِ البلوطِ في غاباتِ السنديان.

في العادة، تُنتِجُ أشجارُ السنديانِ كمِّياتٍ قليلةً من البلّوط (و قد لا تنتجُ منه شيئًا في معظمِ السنوات). غيرَ أن هذه الأشجارَ تعطي كلَّ بضعِ سنواتٍ محصولاً كبيرًا من البلّوط، مما يطلقُ سلسلةً من الأحداثِ ضمنَ النظامِ البيئيّ. فوفرةُ البلّوطِ الذي تقتاتُ به الغزلانُ والفئرانُ تمكِّنُها من إنتاجِ المزيدِ من الكائناتِ الحيةِ القادرةِ على الحياة، فتنمو بذلك جماعاتُها الأحيائية. ويسمحُ المزيدُ من الغزلانِ والفئرانِ باستقبالِ المزيدِ من قرادةِ الغزلان Ticks، وبذلك تزدادُ الجماعةُ الأحيائيةُ للقرادةِ تلك. ينتشرُ مرضُ لايم عن طريقِ لسعِ قرادةِ الغزلان. إن عددَ الأشخاصِ الذين يتعرضونَ للدغِ القرادة (ويُحتملُ أن يصابوا) مرتبطٌ بعددِ القرادةِ وبعددِ الأشخاصِ في الغابة. على العموم، كلّما ازدادتِ الجماعةُ الأحيائيةُ للقرادةِ تزدادُ حالاتُ الإصابةِ بمرضِ لايم. فجميعُ الكائناتِ الحيةِ المختلفةِ في غابةِ السنديانِ متعلقةٌ بيئيًّا بعضُها ببعض. يساعدُ المحصولُ الوفيرُ من البلوطِ في دعمِ جماعةٍ أحيائيةٍ كبيرةٍ من الفئران، والفئرانُ تدعمُ بدورِها جماعةً أحيائيةً كبيرةً من القرادة. تحملُ القرادةُ البكتيريا التي تسببُ مرضَ لايم. تنقلُ القرادةُ المرضَ إلى الناسِ الذين يقومونَ بزيارةِ الغابة.

صلةٌ بعلمِ البيئة

إحرارُ جوِّ الأرضِ والمرض

يعملُ علماءُ البيئةِ مع علماءِ المناخِ في البحثِ عن العلاقةِ بينَ التغيّراتِ المناخيةِ التي يتسببُ بها إحرارُ جوِّ الارض Global Warming وبين ظهورِ المرض.

في العامِ 1993 بدأ فيروسٌ في جنوبِ غربي الولاياتِ المتحدةِ الأميركيةِ يقتلُ أناسًا في سنِّ الشباب. ففصلُ شتاءٍ لطيفٍ بصورةٍ غيرِ اعتياديةٍ وربيعٌ ماطرٌ قد جعلا أشجارَ صنوبرِ البينون Pinon تزهر، مما زوّدَ الفئرانَ التي تحملُ الفيروسَ بوافرٍ من حبوبِ الصنوبر. فازدادتِ الجماعةُ الأحيائيةُ للفئرانِ عشرةَ أضعاف. وجدتْ هذه الفئرانُ الوفيرةُ طريقَها إلى منازلِ الناسِ ونقلتِ الفيروسَ إلى الناس، فماتَ نصفُ الأفرادِ الذين أصيبوا بالفيروس.

الكثيرُ من الأمراضِ المعروفةِ والأكثرِ فتكًا، كالملاريا والحمّى الصفراءِ والتهابِ الدماغ، تنتقلُ عن طريقِ البعوضِ الذي تتأثّرُ جماعاتُه الأحيائيةُ بالتغيّراتِ الطفيفةِ التي تطرأُ على درجةِ الحرارةِ وكمّيةِ المطر. يرصدُ العلماءُ بعنايةٍ البعوضَ والفئرانَ وكائناتٍ أخرى تنقلُ الأمراض، ويضعونَ خرائطَ التغيّراتِ المناخيةِ في محاولةٍ منهم لتوقعٍ سديدٍ لزمانٍ ومكانٍ واحتمالِ الظهورِ التالي لمرضٍ محدَّد.

مراجعةُ القسم 1-5

1. كيف تختلفُ الجماعةُ الأحيائيةُ عن المجتمعِ الأحيائيّ؟
2. أعطِ مثلاً واحدًا واضحًا على الاعتمادِ المتبادل.
3. ما وجهُ الاختلافِ التنظيميِّ بين الغلافِ الأحيائيِّ والنظامِ البيئيّ؟
4. أيُّ أجزاءٍ من الأرضِ يتألّفُ منها الغلافُ الأحيائيّ؟
5. ما الظروفُ الواجبُ توافرُها لوجودِ نظامٍ بيئيٍّ معيَّن؟
6. **تفكيرٌ ناقد** أثناءَ زيارتِكَ لصحراءَ معينة، شاهدتَ جملاً وثلاثَ حيّات، وبضعةَ أصنافٍ من نباتاتِ الصبّارِ الصغيرة، ومئاتٍ من نباتاتِ العلّيق. فما الاسمُ الذي يمكنُ أن يُطلِقَهُ عالمُ البيئةِ على هذه المجموعةِ من الكائناتِ الحيّة؟

قـــراءاتٌ علميـــة

ازديادُ وانخفاضُ عددِ أنواعِ الكائناتِ الحيّةِ في الجزر

من منظورٍ تاريخي

درسَ عالِمُ الرياضياتِ والبيئةِ روبرت هـ. ماك آرثر Robert H. Mac Arthur بالاشتراكِ مع عالمِ التصنيفِ والجغرافيةِ الحيوانيةِ إدوارد أ. ولسن Edward O. Wilson، في أواسطِ القرنِ العشرين، أنواعَ الكائناتِ الحيّةِ المتواجدةَ في الجزر. بَلْوَرَ ماك آرثر النظريةَ التي أعطتْ عنوانًا لكتابهما «نظريةُ الجغرافيةِ الأحيائيةِ في الجزر» The Theory of Biogeography Island. يعالجُ الكتابُ التوزّعَ الجغرافيَّ للنباتاتِ والحيوانات. يرتدي هذا العلمُ، حاضرًا، أهميةً متعاظمةً لدى علماءِ البيئةِ ولدى كلٍّ من يُعنى ببقاءِ أنواعِ الكائناتِ الحيّةِ على قيدِ الحياة.

مشروعٌ في الجغرافيةِ الأحيائية

درسَ إدوارد أ. ولسن، في منتصفِ الخمسينياتِ من القرنِ العشرين، أنواعَ حشراتٍ كان قد وجدَها في عددٍ من الجزر، وكان تخصصُهُ في علمِ النملِ Myrmecology. بعد سنينَ عديدةٍ من الدراسةِ والعملِ الحقليِّ، رغبَ ولسن في الذهابِ أبعدَ من العملِ البسيطِ في جمْعِ ووصْفِ الكائناتِ الحيّة. وتوافقتْ رغبتهُ تلك، وبشكلٍ جيِّد، مع تفكيرِ روبرت هـ. ماك آرثر.

بدأ ماك آرثر مهنتهُ كعالِمِ رياضيات، إلا أنه تحولَ فيما بعدُ إلى عالمِ البيئةِ الرياضية. كان مهتمًّا بالطبيعةِ وبما يخصُّها من أنماطٍ وأفكار، وأرادَ أن يفهمَ المبادئَ الأساسيةَ لعلمِ البيئة.

قدَّمَ كلٌّ من ماك آرثر وولسن إضافاتٍ مهمّةً لحقلِ الجغرافيةِ الأحيائية. بدأ الرجلان، بعد وقتٍ قصيرٍ من لقائهما عام 1959، العملَ في المشروعِ الذي أدّى إلى وضعِ كتابِهما.

شرحَ ماك آرثر وولسن في كتابِهما السببَ الذي جعلهَما يختارانِ التركيزَ على دراسةِ أنواعِ الكائناتِ الحيّةِ التي تعيشُ على الجزر:

«في علمِ الجغرافيةِ الأحيائيةِ تُشكِّلُ الجزيرةُ الوحدةَ الأولى التي يمكنُ أن يدركَها الذهنُ ويبدأ بفهمِها».



Edward O. Wilson and Robert H. Mac Arthur

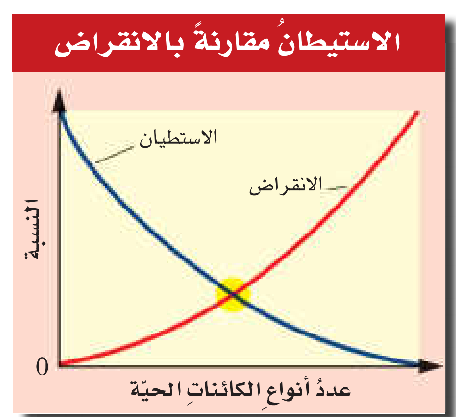
روبرت هـ. ماك آرثر وادوارد أ. ولسن

رؤيةُ الأنماط

لاحظَ ولسن أن عددَ أنواعِ النملِ على جزيرةٍ معيَّنةٍ يميلُ إلى الارتباطِ بكبرِ الجزيرة، كما لاحظَ أنه لدى وصولِ نوعٍ جديدٍ من النملِ إلى الجزيرةِ ينقرضُ نوعٌ من النملِ كان موجوداً فيها، مما يعني أنه في هذا الإطارِ يختفي ذلك النوعُ من الجزيرة. إلا أن العددَ الإجماليَّ لأنواعِ النملِ يبقى ثابتًا. سمّى ولسن وماك آرثر العددَ الثابتَ لأنواعِ الكائناتِ الحيّةِ بالتوازن Equilibrium.

عندما تفحصا البياناتِ عن كثَبٍ، وجدا أن النمطَ نفسَهُ موجودٌ بين أنواعِ الطيورِ في الفيليبّين وأندونيسيا وغينيا الجديدة. ففي كلِّ حالةٍ عندما كان أحدُ أنواعِ الحيواناتِ ينتقلُ إلى الجزيرة، كان نوعٌ آخرُ يختفي منها. إلا أن العددَ الإجماليَّ لأنواعِ الكائناتِ الحيّةِ يبقى ثابتًا.

وضعَ ماك آرثر وولسن البياناتِ التي توافرتْ لهما على صورةِ رسومٍ بيانية، كما يظهرُ على الصفحةِ المقابلة. يبيّنُ خطُّ الانحدارِ الهابطُ، وهو للهجرةِ إلى الداخلِ أو الاستيطان، أن عددَ أنواعِ الكائناتِ الحيّةِ التي دخلتْ قد انخفضَ مع اكتظاظِ الجزيرة. وهذا يعني أن نسبةَ الاستيطانِ تباطأتْ مع ازديادِ عددِ أنواعِ الكائناتِ الحيّة. ويبيِّنُ خطُّ الانحدارِ الصاعد، وهُوَ للانقراض، أنه كلما أصبحتِ الجزيرةُ أكثرَ اكتظاظًا انقرضَ مزيدٌ من أنواعِ الكائناتِ الحيةِ على هذه الجزيرة. بكلامٍ آخر، إن نسبةَ الانقراضِ قد ارتفعتْ مع ازديادِ عددِ أنواعِ الكائناتِ الحيّة. نقطةُ التقاطعِ هي



يمثّلُ هذا النموذجُ البسيطُ توازنَ عددِ أنواعِ الكائناتِ الحيّةِ في جزيرة. لاحظْ أن نسبةَ الاستيطانِ تبلغُ ذروتَها عندما يكونُ عددُ أنواعِ الكائناتِ الحيّةِ في حدِّهِ الأدنى، كما هو ظاهرٌ في الشكلِ عندَ المحورِ الصاديِّ y-axis. وتكونُ نسبةُ الانقراضِ في ذروتِها ونسبةُ الاستيطانِ في حدِّها الأدنى عندما يكونُ عددُ أنواعِ الكائناتِ الحيّةِ عندَ حدِّهِ الأقصى. عند أيِّ نقطةٍ تكونُ نسبةُ الاستيطانِ ونسبةُ الانقراضِ متساويتين؟

التوازن، أي العددُ الثابتُ لأنواعِ الكائناتِ الحيّةِ في تلك الجزيرة.

صُنعُ نموذج

صنعَ ماك آرثر وولسن نموذجًا رياضيًّا يهدفُ إلى شرحِ ملاحظاتِهما. الرياضياتُ العائدةُ للنظريةِ معقّدة، إلا أن خطوطَها العريضةَ تركّزُ على نمطينِ بارزين:

1. في الجزرِ الكبيرةِ توجدُ أنواعٌ من الكائناتِ الحيّةِ أكثرُ مما في الجزرِ الصغيرة.
2. في الجزرِ النائية، الواقعةِ بعيدًا عن البرِّ الرئيسِ أو عن جزيرةٍ أكبر، توجدُ أنواعٌ من الكائناتِ الحيّةِ أقلُّ مما في الجزرِ الأخرى الأقلِّ بعدًا.

في السابقِ فسَّرَ علماءُ الجغرافيةِ الأحيائية هذه الظواهرَ من زاويةٍ تاريخية. فعلى سبيلِ المثال، فكَّرَ أولئك العلماءُ أنه كي تمتلئَ جزيرةٌ نائيةٌ بأنواعٍ من الكائناتِ الحيّةِ يلزمُها دهور، وأن الجزيرةَ التي تحتوي على عددٍ قليلٍ من أنواعِ الكائناتِ الحيّةِ يُفترضُ أنها ذاتُ تاريخٍ قصيرٍ نسبيًّا. لكنَّ ما يضبطُ عددَ حالاتِ الهجرةِ إلى الداخلِ وحالاتِ الانقراضِ في جزيرةٍ معيّنة، حسبَ نموذجِ ماك آرثر وولسن، هو مدى اتساعِها وحدودُ عزلتِها وليسَ عمرُها.

إجراءُ الاختبارِ والتوقع

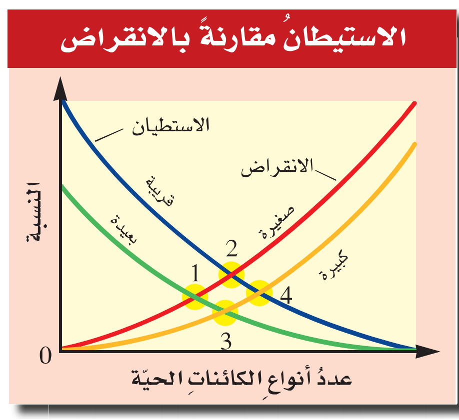
هل يمكنُ تطبيقُ النموذجِ الذي صنعَهُ العالمانِ لتوقعِ عددِ أنواعِ الكائناتِ الحيةِ في أيِّ جزيرة؟ قرَّرَ ماك آرثر وولسن أن يختبرا نموذجَهما في كراكاتو Krakatau، وهي جزيرةٌ من جزرِ أندونيسيا كان قد انفجرَ فيها بركانٌ سنةَ 1883، وقتلَ كلَّ كائنٍ حيٍّ كان يعيشُ على أرضِها. أدّى الانفجارُ إلى جعلِ جزيرةِ كراكاتو كجزيرةٍ حديثةِ النشوءِ تمامًا. وبالأهميةِ نفسِها دُوِّنتْ عودةُ الحياةِ النباتيةِ والحيوانيةِ إلى الجزيرةِ، وبكلِّ عنايةٍ، منذُ أوّلِ عودةٍ لزيارةِ كراكاتو في العام 1886.

توقَّعَ ماك آرثر وولسن عن طريقِ استخدامِ نموذجِهما أن عددَ أنواعِ الطيورِ سيصبحُ حواليَّ 30 نوعًا عند نقطةِ التوازن. وبعد تفحصِ سجلّاتِ حياةِ الطيورِ في جزيرةِ كراكاتو، عَلِما أن توقعاتِهما كانت قد قاربتِ الواقع، فقد ارتفعَ عددُ أنواعِ الطيورِ إلى 27 نوعًا قبل أن يستقرّ. ثم ظهرتْ على الجزيرةِ خمسةُ أنواعٍ جديدةٍ من الطيور، إلا أن خمسةَ أنواعٍ أخرى انقرضتْ في المقابل، مما حافظَ على التوازنِ عند العدد 27.

طرقُ تفكيرٍ جديدة

تنوعتِ الردودُ من قبلِ علماءَ آخرين على كتابِ «نظريةِ الجغرافيةِ الأحيائيةِ في الجزر»، الذي نُشرَ في العامِ 1967. لكنَّ هذه النظريةَ التي قدَّمَها الكتابُ كانت قد حثَّتْ على الأقلِّ على إجراءِ أبحاثٍ إضافيةٍ في حقلِ الجغرافيةِ الأحيائية . فأدّى ذلك إلى مزيدٍ من المعرفةِ حول كيفيةِ تأثيرِ الجغرافيةِ البيئيةِ في علمِ البيئةِ التابعِ للجغرافيةِ الأحيائية. نظرَ ماك آرثر وولسن إلى أبعدَ من الوقائعِ والأحداثِ المعزولةِ بحثًا عن أوجهِ التشابُهِ والأنماطِ والعملياتِ الجارية. وربما استطاعَ علماءُ الجغرافيةِ الأحيائية أن يساعدوا في زيادةِ إدراكِ أهميةِ التنوّعِ الأحيائيِّ لإلقاءِ الضوءِ على نطاقٍ أوسع.

يُظهرُ هذا النموذجُ تأثيراتِ كِبَرِ الجزيرةِ وبُعْدِها في توازنِ عددِ أنواعِ الكائناتِ الحيّةِ فيها. لاحظْ أن الجزرَ البعيدةَ (النائية) والصغيرةَ تبلغُ نقطةَ التوازنِ (المبيّنة في 1) في أنواعِ الكائناتِ الحيّةِ بعددٍ أقلَّ من الجزرِ القريبةِ والكبيرةِ (المبيّنة في 4).



القســـم

2-5

النواتجُ التعليمية

▲ يميّزُ بين عواملَ بيئيةٍ غيرِ حيةٍ وعواملَ بيئيةٍ حية، ويذكرُ مثلين على كل منهما.

● يشرحُ أهميّةَ منحنياتِ التّحمُّل.

◆ يصفُ بعضَ التكيّفاتِ التي تسمحُ للكائناتِ بأن تتجنّبَ الظروفَ غيرَ الملائمة.

■ يشرحُ مفهومَ النمطِ الحياتي.

علمُ بيئةِ الكائناتِ الحيّة

من الأسئلةِ الأساسيةِ التي تُطرحُ حول الكائناتِ الحيّة: أينَ تسكنُ تلك الكائنات؟ ولماذا تعيشُ هناك؟ إن الإجاباتِ عن مثلِ هذه الأسئلةِ معقّدة، لأنها تشتملُ على متطلباتِ الكائنِ الحيِّ وقدراتِه على التحمل. كما تعتمدُ على تاريخِ **الموطنِ البيئيِّ Habitat** (المكانِ الذي يعيشُ فيه)، وعلى ظروفِه، وعلى عواملَ عديدةٍ أخرى. ندرسُ في هذا القسمِ كيفَ يؤثّرُ نوعُ المحيطِ البيئيِّ في توزّعِ الكائناتِ الحيّة، وكيفَ تستجيبُ هذه الكائناتُ لمحيطِها البيئيّ.

العواملُ البيئيةُ الحيةُ والعواملُ البيئيةُ غيرُ الحيّة

يقسمُ علماءُ البيئةِ العواملَ المؤثرةَ في الكائناتِ الحيّةِ إلى فئتين، هما: المكوِّناتُ الحيّةُ للبيئة، التي تُسمّى **العواملَ البيئيةَ الحية Biotic factors** وتشتملُ على جميعِ الأشياءِ الحيةِ التي تؤثرُ في الكائنِ الحيّ، **والعواملُ البيئيةُ غيرُ الحية Abiotic factors**، وهي الخواصُّ الفيزيائيةُ والكيميائيةُ للبيئة، كدرجةِ الحرارةِ والرطوبةِ والرقمِ الهيدروجينيِّ والملوحةِ ودرجةِ تركزِ الأكسجين وشدّةِ ضوءِ الشمسِ وتوفرِ النيتروجين والهطول. وتختلفُ أهميةُ كلٍّ من هذه العواملِ من بيئةٍ إلى أخرى.

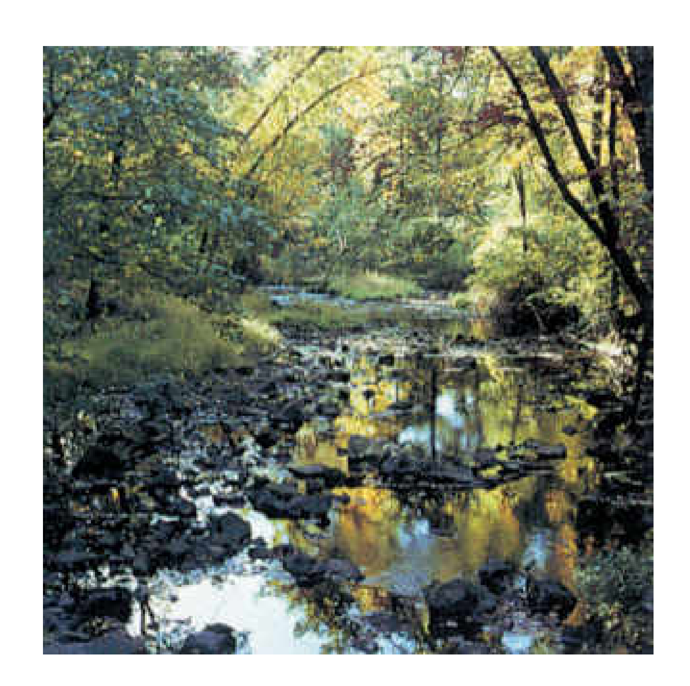
العواملُ البيئيةُ الحيةُ والعواملُ البيئيةُ غيرُ الحيةِ لا تستقلُّ الفئةُ الأولى عن الثانية. فالكائناتُ الحيّةُ تُحدثُ تغيّراتٍ في بيئتِها، وتتأثَّرُ بتلك التغيُّرات. فعلى سبيلِ المثال، يؤثِّرُ توافرُ النيتروجين في التربةِ في سرعةِ إمكانيةِ نموِّ النبات، كما يؤثِّرُ النباتُ في توفُّرِ النيتروجين عن طريقِ امتصاصِه لمركّباتِ النيتروجين من التربة.

المحيطُ البيئيُّ المتغيِّر

إن العواملَ البيئيةَ غيرَ الحيةِ ليست ثابتة، فهي تتغيَّرُ من مكانٍ إلى آخرَ مع الوقت، كما يظهرُ في الشكل 5-2. خذْ مثلاً درجةَ الحرارة، فهي تتغيّرُ من ساعةٍ إلى ساعة، ومن يومٍ إلى يوم، ومن فصلٍ إلى فصل، ومن سنةٍ إلى سنة، كما أنها تتغيّرُ من مكانٍ إلى مكان. ويشهدُ الموطنُ البيئيُّ تفاوتاتٍ صغيرةً في درجةِ الحرارة، كالتفاوتِ الحراريِّ بين مكانٍ في ظلِّ شجرة، ومكانٍ معرَّضٍ لضوءِ الشمسِ مباشرة. كلُّ هذه التغيراتِ في درجةِ الحرارةِ ذاتُ أهميةٍ بالنسبةِ للكائنِ الحيّ.

الاستجاباتُ لمحيطٍ بيئيٍّ متغيِّر

تتكيَّفُ الكائناتُ الحيةُ لتعملَ ضمن مدًى محدّدٍ من درجاتِ الحرارة. يمكنُ تحديدُ





الشكل 5-2

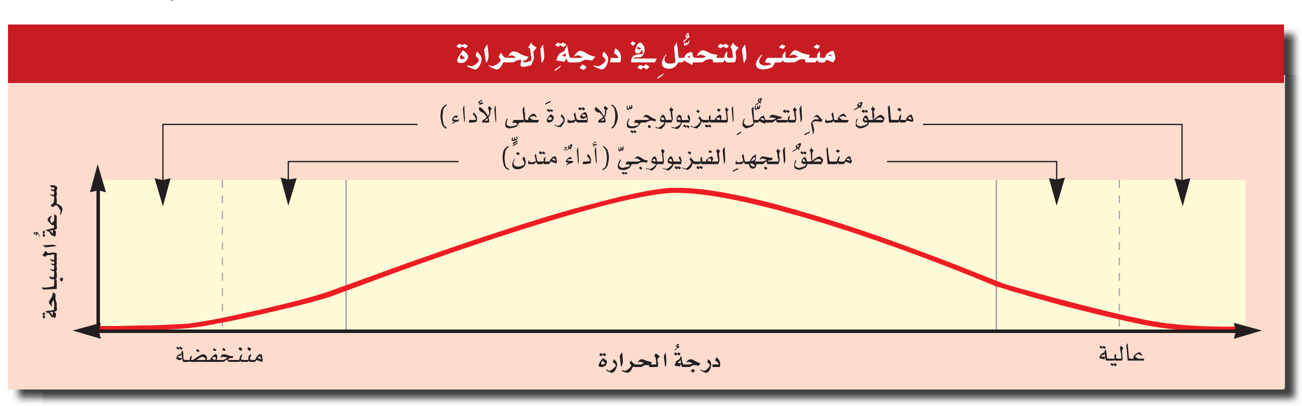
تُظهرُ هذه الصورُ المنطقةَ عينَها من الغابةِ في أوقاتٍ مختلفةٍ من السنة: في الجهةِ اليمنى، تبدو في الغابةِ أوراقٌ ربيعية. في الجهةِ اليسرى، تكونُ المنطقةُ عينُها مغطّاةً بالثلجِ خلالَ فصلِ الشتاء.

هذا المدى لكائنٍ حيٍّ بقياسِ مقدارِ فاعليةِ أدائِهِ عند درجاتِ حرارةٍ مختلفة. يُسمّى الرسمُ البيانيُّ الذي يبيّنُ الأداء، بالمقارنةِ مع المتغيّرِ البيئيِّ، كدرجةِ الحرارةِ مثلاً، **منحنى التحمُّل Tolerance curve**. يُظهرُ الشكلُ 5-3 منحنى التحمُّلِ لنوعٍ من الأسماك. وقد قيسَ الأداءُ هنا عن طريقِ سرعةِ السمكِ القصوى الممكنةِ في السباحة. لاحظْ أن سرعةَ سباحةِ السمكِ تبلغُ مداها الأقصى في ظلِّ درجاتِ الحرارةِ المتوسِّطة، أي ضمنَ ما يُسمّى المدى الأمثل. تستطيعُ الأسماكُ البقاءَ على قيدِ الحياةِ وأداءَ وظائفِها عند درجاتِ الحرارةِ التي تخرجُ عن مداها الأمثل، لكنَّ أداءَها لوظائفها ينخفضُ كثيرًا، وهي لا تستطيعُ البقاءَ على قيدِ الحياةِ خارجَ حدودِ تحمُّلها.

لا يستطيعُ الكائنُ الحيُّ العيشَ في المناطقِ التي يتعرضُ فيها لظروفٍ تقعُ خارجَ حدودِ تحمُّلِه. في بعضِ الحالاتِ يمكنُ تحديدُ المدى الخاصِّ بالكائنِ الحيِّ عبرَ تحمُّلِهِ لعاملٍ واحدٍ فقط، كدرجةِ الحرارةِ مثلاً. إلاّ أنه، وفي معظمِ الحالات، يجبُ أن تقعَ مستوياتُ عواملَ عديدةٍ، كالرقمِ الهيدروجينيِّ ودرجةِ الحرارةِ والملوحةِ، ضمنَ مدى التحمُّلِ العائدِ للكائنِ الحيّ.

الشكل 5-3

يبيّنُ منحنى التحمُّلِ أدناهُ أن الأسماكَ قادرةٌ على السباحةِ بأقصى سرعةٍ عندما تكونُ درجةُ حرارةِ المياهِ ضمنَ المدى الأمثلِ الخاصِّ بها. عندما تكونُ المياهُ دافئةً جدًا أو شديدةَ البرودةِ تبذلُ الأسماكُ جهدًا، وقد لا تبقى على قيدِ الحياة.



التأقلمُ البيئيّ

تتمكّنُ بعضُ الكائناتِ من تصحيحِ تحمُّلِها للعواملِ البيئيةِ غيرِ الحيةِ من خلالِ عمليةِ **التأقلمِ البيئيّ Acclimation**. فمثلاً تختلفُ منحنياتُ التحمُّلِ لدى السمكةِ الذهبيةِ التي تتمُّ تربيتُها في وسطٍ تكونُ حرارتُهُ متفاوتة، كما يظهرُ في الشكل 5-4.

التأقلمُ البيئيُّ للحرارة

سرعةُ السباحةِ (cm/s)

درجةُ حرارةِ الماءِ (°C)

سمكةٌ تمَّتْ تربيتُها في وسطٍ تبلغُ حرارتُه 5°C

سمكةٌ تمَّتْ تربيتُها في وسطٍ تبلغُ حرارتُه 25°C

الشكل 5-4

الأسماكُ التي تُربَّى في وسطٍ تبلغُ حرارتُه 25°C تتأقلمُ مع درجاتِ حرارةٍ أعلى، وبإمكانِها تحمّلُ درجاتِ حرارةٍ أعلى مما تتحمّلُهُ الأسماكُ التي تُربَّى في وسطٍ تبلغُ حرارتُه 5°C.

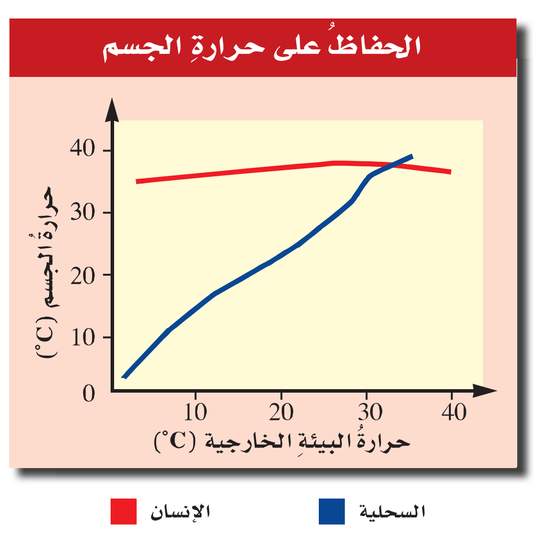
التحكُّمُ بالظروفِ الداخلية

هناك طريقتان تتّبِعُهما الكائناتُ الحيّةُ للتعاملِ مع بعضِ التغيُّراتِ في بيئتِها. **الكائناتُ المتوافقةُ Conformers** هي التي لا تقومُ بتعديلِ ظروفِها الداخليةِ، بل تتغيَّرُ بالتوافقِ مع تغيُّراتِ بيئتِها الخارجية. فمثلاً، ترتفعُ وتهبطُ درجةُ حرارةِ جسمِ سحليةِ الصحراءِ مع درجةِ حرارةِ بيئتِها، كما يظهرُ في الشكل 5-5.

وبعكسِ ذلك، **الكائناتُ المعدِّلةُ Regulators** تستخدمُ الطاقةَ للتحكُّمِ ببعضِ ظروفِها الداخلية. تبقى درجةُ حرارةِ جسمِكَ، مثلاً، ضمنَ بضعِ درجاتٍ تحتَ أو فوقَ 37°C خلالَ النهار. ويُعتبرُ سمكُ السلمونِ الذي يقضي قسمًا من حياتِهِ في المياهِ المالحةِ وقسمًا آخرَ في المياهِ العذبة، من الكائناتِ المتوافقةِ مع درجاتِ حرارةِ البيئة، لكنه أيضًا من الكائناتِ المعدِّلةِ لدرجةِ تراكمِ الملحِ داخلَ جسمِه.

الشكل 5-5

قد يكونُ الكائنُ الحيُّ كائنًا متوافقًا أو كائنًا معدِّلاً أو الاثنين معًا. فالسحليةُ، الممثّلةُ بالخطِّ الأزرق، هي كائنٌ متوافقٌ بالنسبةِ لحرارةِ جسمِها، في حينِ أن الإنسانَ، الممثّلَ بالخطِّ الأحمرِ، يعدِّلُ درجةَ الحرارةِ الداخليةِ لجسمِه.



الهربُ من الظروفِ غيرِ الملائمة

بعضُ أنواعِ الكائناتِ يمكنُها التغلُّبُ على ظروفِ بيئتِها غيرِ الملائمةِ بالهربِ منها مؤقتًا. مثلاً، تختبئُ الحيواناتُ الصحراويةُ في العادةِ تحتَ الأرضِ أو في الظلِّ خلالَ الوقتِ الأكثرِ حرًّا من النهار. الكثيرُ من أنواعِ الكائناتِ الحيةِ الصحراويةِ ينشطُ خلالَ الليل، عندما تكونُ درجةُ الحرارةِ أدنى بكثير.

و**السُّباتُ Dormancy** تسميةٌ لآليّةٍ طويلةِ الأمد، تتمثّلُ في دخولِ حالةِ خفضٍ للنشاطِ خلالَ فتراتٍ تكونُ فيها الظروفُ البيئيةُ غيرَ ملائمة. في بعضِ البلدانِ تكونُ درجاتُ الحرارةِ في فصلِ الشتاءِ متدنيةً جدًّا، بحيثُ لا يمكنُ للزواحفِ والبرمائياتِ تحمّلُها، إلا أن هذه الحيواناتِ تبقى على قيدِ الحياةِ عن طريقِ الاختباءِ في جوفِ الأرضِ حيثُ تغرقُ في سباتٍ عميقٍ حتى فصلِ الربيع. **الهجرةُ Migration** تسميةٌ لآليّةٍ أخرى تتمثّلُ في الانتقالِ إلى موطنٍ بيئيٍّ آخرَ أكثرَ ملاءمة. والمثالُ المألوفُ للهجرةِ هو الانتقالُ الفصليُّ للطيورِ التي تقضي فصلَي الربيعِ والصيفِ في المناخاتِ المعتدلةِ البرودة، ثم تهاجرُ إلى مناخاتٍ أكثرَ دفئًا في فصلِ الخريف. وجديرٌ بالذكرِ وجودُ نوعينِ من الهجرة، هما **الهجرةُ إلى الداخلِ Immigration**



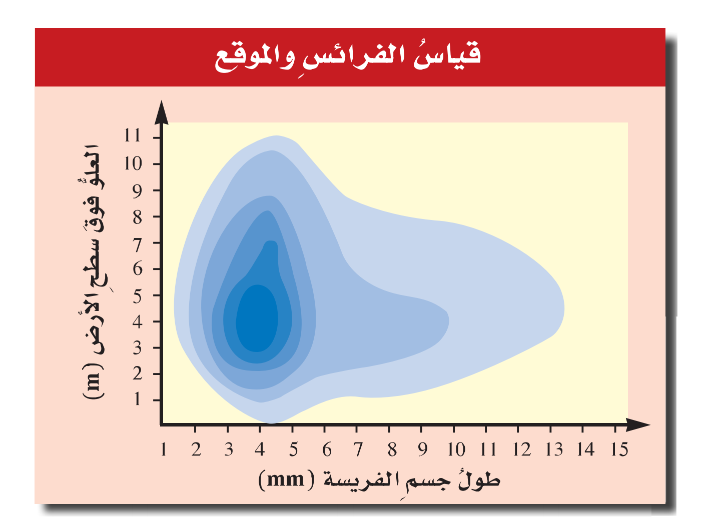
الشكل 5-6

باستطاعةِ الحيواناتِ والنباتاتِ أن تعيشَ في المكانِ نفسِهِ لأن كلاً منها بحاجة إلى متطلباتٍ مختلفةٍ للبقاءِ على قيدِ الحياة.

وهي حركةُ دخولِ الأفرادِ إلى جماعةٍ أحيائيةٍ، **والهجرةُ إلى الخارج Emigration** وهي حركةُ خروجِ الأفرادِ من جماعةٍ أحيائية.

النمطُ الحياتيّ

النمطُ الحياتيُّ Niche لنوعِ كائنٍ حيٍّ يعيشُ في بيئةٍ معيَّنةٍ هو نمطُ عيشِهِ فيها، أو الدورُ الذي يؤديهِ النوعُ في بيئتِه. يشتملُ النمطُ الحياتيُّ على مدى الظروفِ التي يمكنُ أن يتحملَها نوعُ الكائنِ الحيّ، وعلى الأساليبِ التي يحصلُ بواسطتِها على المواردِ التي يحتاجُ إليها، والتي يمنحُها للكائناتِ الأخرى وللأفرادِ التي يُنْتجها زمنَ التكاثر، وعلى مجملِ تفاعلاتِه الأخرى المتداخلةِ مع بيئتِه. يركّزُ العلماءُ عادةً أثناءَ دراستِهم الأنماطَ الحياتيةَ لنوعٍ من الكائناتِ الحيّةِ على بعضِ السماتِ التي يمكنُ قياسُها بسهولة، كالمكانِ الذي يعيشُ فيه نوعُ الكائنِ الحيّ، وفترةِ النهارِ التي يكونُ ناشطًا فيها، والقوتِ الذي يقتاتُ به. يبيِّنُ الشكلُ 5-7 مظهرًا من السلوكِ الغذائيِّ لنوعٍ مألوفٍ من الطيورِ المغرِّدة.



الشكل 5-7

يمثّلُ الرسمُ البيانيُّ السلوكَ الغذائيَّ للطيورِ اللاقطةِ للبعوضِ Gnatcatcher ذاتِ اللونِ الأزرقِ - الرماديّ. يشيرُ الظلُّ الأكثرُ دُكْنةً في وسطِ الخطوطِ المتعرّجةِ إلى أن صيدَ معظمِ الفرائسِ يتمُّ بين 3 m و 5 m فوقَ سطحِ الأرض. ومعظمُ الفرائسِ التي يغلبُ اصطيادُها هي ذاتُ طولٍ وسطيٍّ يقاربُ 4 mm.

اختلافاتٌ في النمطِ الحياتيّ

يمكنُ للنمطِ الحياتيِّ لنوعٍ من الكائناتِ الحيةِ أن يتغيّرَ خلالَ جيلٍ واحد. مثلاً، اليرقةُ تأكلُ أوراقَ النباتِ، ثم تتحولُ بعد فترةِ تغذيةٍ وجيزةٍ إلى فراشةٍ تتغذى من الرحيق.

أنواعُ الكائناتِ الحيةِ ذاتِ الأنماطِ الحياتيةِ الواسعةِ تُسمّى **الكائناتِ الحيّةَ اللااختصاصية Generalists**. تستطيعُ هذه الكائناتُ الحيّةُ أن تتحمّلَ نطاقَ ظروفٍ بيئيةٍ واسعًا، وأن تستخدمَ مواردَ متنوعة. أنواعُ الكائناتِ الحيةِ ذاتُ البيئاتِ الملائمةِ المُثلى الضيّقة، كدبِّ الكوالا Koala bear الذي لا يقتاتُ إلا بأوراقِ بعضِ أنواعِ شجرِ الكافور Eucalyptus، تسمّى **كائناتٍ حيّةً اختصاصية Specialists**.

جذرُ الكلمةِ وأصلُها

النمطُ الحياتيُّ

niche

من الفرنسيةِ القديمةِ nichier، وتعني «يعشّش».

مراجعةُ القسمِ 5-2

1. اذكرْ ثلاثةَ عواملَ غيرِ حيةٍ قد تؤثّرُ في الكائنِ الحيّ.
2. إلامَ يشيرُ منحنى التحمُّلِ لدى الكائنِ الحيّ؟
3. ما الهجرة؟ أعطِ مثلاً على الهجرة.
4. فيمَ يختلفُ النمطُ الحياتيُّ للكائنِ الحيِّ عن موطنِهِ البيئيّ؟
5. اذكرْ عاملينِ قد يدفعانِ بالكائنِ الحيِّ إلى الاقتصارِ على موردٍ معيّن.
6. **تفكيرٌ ناقد** لماذا لا يحتلُّ نوعانِ مختلفانِ من الكائناتِ الحيّةِ النمطَ الحياتيَّ نفسَه؟

مراجعةُ الفصل 5

ملخص / مفردات

1-5

- علمُ البيئةِ هو دراسةُ العلاقاتِ القائمةِ بين الكائناتِ الحيةِ وبيئتِها التي تشتملُ على المكوناتِ الحيةِ والمكوّناتِ غيرِ الحيةِ معًا.
- يُنظَّمُ علمُ البيئةِ عادةً وفقًا لخمسةِ مستوياتٍ ينفردُ كلٌّ منها بخصائصَ فريدة. هذه المستوياتُ هي الكائنُ الحي، والجماعةُ الأحيائية، والمجتمعُ الأحيائيّ، والنظامُ البيئيّ، والغلافُ الأحيائيّ.
- أنواعُ الكائناتِ الحيةِ داخلَ النظمِ البيئيةِ تتفاعلُ مع غيرها من أنواعِ الكائناتِ الحيّة، كما تتفاعلُ مع بيئتِها غيرِ الحية. لذا، فإن أيَّ اضطرابٍ يؤثّرُ في نوعٍ واحدٍ من الكائناتِ الحيةِ يمكنُه أن ينتشرَ إلى أنواعٍ أخرى من الكائناتِ الحيةِ في النظامِ البيئي.

مفردات

- **الجماعةُ الأحيائية** Population (90)
- **الغلافُ الأحيائيّ** Biosphere (89)
- **النظامُ البيئيّ** Ecosystem (89)
- **علمُ البيئة** Ecology (89)
- **المجتمعُ الأحيائيّ** Community (90)

2-5

- الموطنُ البيئيُّ لكائنٍ حيٍّ هو مكانُهُ الذي يعيشُ فيه.
- فئتان من العواملِ البيئيةِ تؤثران في الكائنِ الحيّ: عواملُ حيةٌ هي الأشياءُ الحية، وعواملُ غيرُ حيةٍ هي الأشياءُ أو العملياتُ غيرُ الحية، كالمناخِ وضوءِ الشمسِ والرقمِ الهيدروجيني.
- تتغيرُ البيئةُ مع الوقتِ ومن مكانٍ إلى مكان.
- يستطيعُ كلُّ كائنٍ حيٍّ أن يتحمّلَ مدًى معيّنًا من الظروفِ البيئية. الرسمُ البيانيُّ الذي يُظهرُ هذا المدى يُسمّى منحنى التحمُّل.
- تستطيعُ الكائناتُ الحيّةُ خلالَ فترةٍ وجيزةٍ من الوقتِ أن تُعدِّلَ من منحنياتِ التحمُّلِ الخاصةِ بها عن طريقِ عمليةِ التأقلمِ البيئيّ.
- أنواعُ الكائناتِ الحيةِ تتّبعُ استراتيجيّتين في التعاملِ مع التغيرِ البيئيّ. الكائناتُ المعدّلةُ تتحكَّمُ بظروفِها الداخلية، فيما تتغيرُ الظروفُ الداخليةُ للكائناتِ المتوافقةِ وفقًا للمحيطِ البيئيّ.
- غالبًا ما تهربُ أنواعُ الكائناتِ الحيّةِ من ظروفٍ بيئيةٍ غيرِ ملائمةٍ عن طريقِ الهجرةِ إلى موطنٍ بيئيٍّ جديد، أو بدخولها في سباتٍ بانتظارِ زوالِ الظروفِ غيرِ الملائمة.
- النمطُ الحياتيُّ لنوعٍ من الكائناتِ الحيّةِ هو نمطُ عيشِها، أو دورُها في نظامٍ بيئيٍّ معيّن.
- أنواعُ الكائناتِ الحيةِ ذاتِ النمطِ الحياتيِّ الواسعِ تُسمّى الكائناتِ اللااختصاصية. أما أنواعُ الكائناتِ الحيّةِ ذاتِ النمطِ الحياتيِّ الضيِّقِ فتُسمّى الكائناتِ الاختصاصية.

مفردات

- **التأقلمُ البيئيّ** Acclimation (96)
- **السُّبات** Dormancy (96)
- **العاملُ البيئيُّ الحيّ** Biotic factor (94)
- **العاملُ البيئيُّ غير الحيّ** Abiotic factor (94)
- **الكائنُ الحيُّ اللااختصاصيّ** Generalist (98)
- **الكائنُ الحيُّ الاختصاصيّ** Specialist (98)
- **الكائنُ الحيُّ المتوافق** Conformer (96)
- **الكائنُ الحيُّ المعدِّل** Regulator (96)
- **منحنى التحمُّل** Tolerance curve (95)
- **الموطنُ البيئيّ** Habitat (94)
- **المورد** Resource (97)
- **النمطُ الحياتيّ** Nihce (97)
- **الهجرة** Migration (96)
- **الهجرةُ إلى الداخل** Immigration (96)
- **الهجرةُ إلى الخارج** Emigration (97)

مراجعة

مفردات

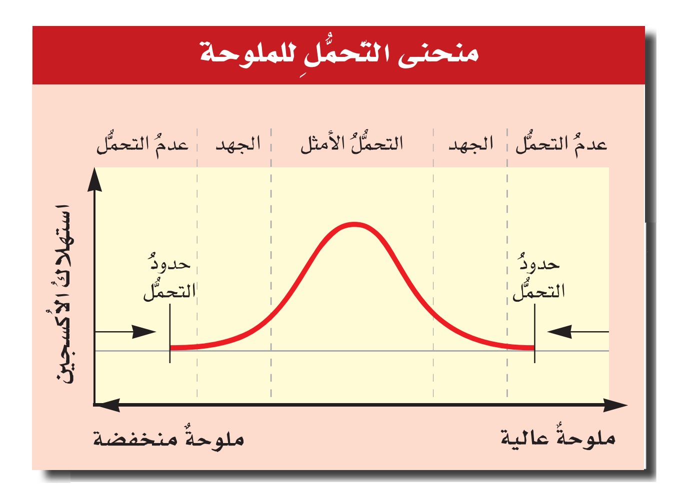
1. عرِّفْ علمَ البيئة.
2. كيفَ يختلفُ المجتمعُ الأحيائيُّ عن النظامِ البيئيِّ؟
3. اذكرْ عاملينِ من العواملِ غيرِ الحيةِ يؤثّرانِ فيك.
4. ما وجهُ الشبهِ بين الهجرةِ والسباتِ؟
5. ميِّزْ بين الكائناتِ الحيةِ المعدِّلةِ والكائناتِ الحيةِ المتوافقة.

اختيارٌ من متعدِّد

6. أيُّ الاختياراتِ التاليةِ ليس من المستوياتِ التنظيميةِ الرئيسةِ الخمسةِ لعلمِ البيئة؟ (أ) الغلافُ الأحيائيّ (ب) النظامُ البيئيّ (ج) العاملُ الحيّ (د) المجتمعُ الأحيائيّ.
7. ما يشتملُ عليه النظامُ البيئيُّ (أ) مُجْملُ أفرادِ نوعٍ واحدٍ من الكائناتِ الحيّة (ب) مُجْملُ العواملِ الحيّةِ وغيرِ الحيةِ في بيئةٍ معيَّنة (ج) مُجْملُ أقسامِ كوكبِ الأرضِ حيثُ توجدُ الحياة (د) مُجْملُ أفرادِ نوعٍ من الكائناتِ الحيّةِ الموجودةِ في المنطقةِ نفسِها.
8. يمكنُ أن تشتملَ العواملُ غيرُ الحيةِ داخلَ النظامِ البيئيِّ على (أ) النباتات (ب) الحيوانات (ج) ضوءِ الشمس (د) الكائناتِ الحيةِ الدقيقة.
9. يستطيعُ حيوانٌ معيَّنٌ أن يهاجرَ ليتجنَّبَ (أ) الإعصار (ب) درجةَ حرارةٍ متدنِّيةٍ في الشتاء (ج) بردًا شديدًا مفاجئًا (د) انفجارًا بركانيًّا.
10. أيٌّ من الإجاباتِ التاليةِ ليسَ موردًا تحتاجُ إليه الحيوانات؟ (أ) الماء (ب) الغذاء (ج) ثاني أكسيدِ الكربون (د) الأكسجين.
11. أيٌّ من البدائلِ التاليةِ ليس صحيحًا في ما يخصُّ تَحمُّلَ الكائنِ الحيِّ تجاهَ متغيِّرٍ بيئيّ؟
    (أ) كونُ أدائِهِ هو الأفضلَ عند القيمِ المتوسطةِ عادةً.
    (ب) إمكانيةُ إيضاحِ أدائِهِ بواسطةِ منحنى التحمُّل.
    (ج) عدمُ توفرِ إمكانيةِ التغيرِ لمستوياتِ التحمُّلِ خلالَ فترةِ حياةِ الكائن.
    (د) إمكانيةُ تغيّرِ مستوياتِ التحمُّلِ عبرَ التأقلمِ البيئيّ.

إجابةٌ قصيرة

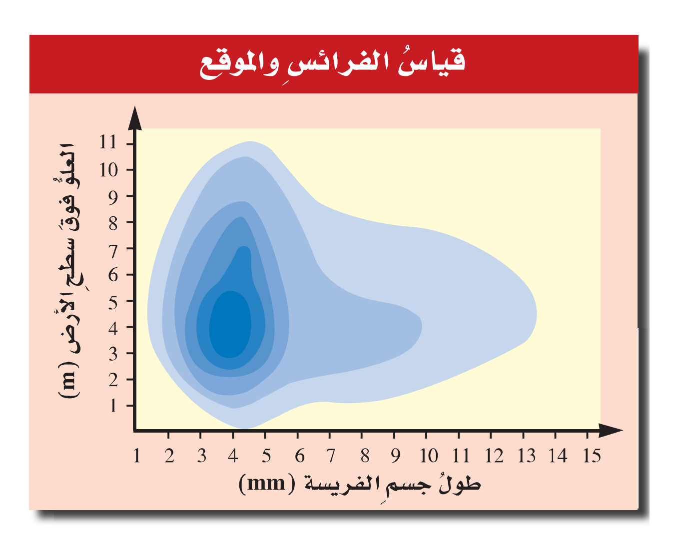
12. اشرحْ كيفَ يمكنُ لفهمِ الترابطِ المتداخلِ في النظمِ البيئيةِ أن يساعدَ المسؤولَ الرسميَّ عن الصحةِ على تحديدِ المبلغِ المخصَّصِ لمعالجةِ الناسِ المصابينَ بمرضِ لايم.
13. العواملُ الحيةُ وغيرُ الحيةِ في نظامٍ بيئيٍّ محدَّدٍ قادرةٌ على التفاعل. أعطِ مثَلينِ على هذه التفاعلاتِ المتداخلة.
14. كيفَ يطبَّقُ منحنى التحمُّلِ عمليًّا في علمِ البيئة؟
15. أعطِ مثَلينِ على الظروفِ البيئيةِ التي تتجنبُها الدببةُ عن طريقِ السباتِ في فصلِ الشتاء.
16. تفحَّصِ الرسمَ البيانيَّ، التالي، لمنحنى التحمُّل. صِفْ باختصارِ الظروفَ في كلِّ نطاقِ تحمُّل، وردّاتِ الفعلِ التي يصدرُها حيالَها نوعٌ من الكائناتِ الحية.



17. ما التأقلمُ البيئيّ؟
18. صِفْ طريقتينِ لا تشتملانِ على التأقلمِ البيئيِّ تستخدمُهما الكائناتُ الحيّةُ وهي تستجيبُ لظروفٍ غيرِ ملائمةٍ في بيئتِها.
19. من الناحيةِ البيئيةِ يُعَدُّ الإنسانَ كائنًا لااختصاصيًّا أكثرَ من كونِهِ كائنًا اختصاصيّا. اشرحْ لماذا.

تفكيرٌ ناقد

1. تهاجرُ أصنافٌ عديدةٌ من الطيورِ المغرِّدةِ في فصلِ الصيفِ من شبهِ الجزيرةِ العربية، وتعودُ إليها في فصلِ الربيع. اشرحْ منافعَ هجرةِ الطيورِ المغرِّدة، واذكرْ بعضَ عواقبِ هذا السلوك.
2. العُثَّةُ الغجريةُ Gypsy moth حشرةٌ مؤذيةٌ مدمِّرة. إن يرقاتِ العُثَّةِ الغجريةِ في النظامِ البيئيِّ لغابةِ سنديانٍ تؤثرُ سلبًا في أشجارِ السنديانِ لأنها تستهلكُ أوراقَها. يتأرجحُ عددُ اليرقاتِ في الغابة، لكنّهُ يزيدُ بشكلٍ مفاجئٍ وخطيرٍ كلَّ بضعِ سنوات. يُخلّفُ هذا الازديادُ الكبيرُ في عددِ اليرقاتِ آثارًا في باقي أفرادِ هذا النظامِ البيئيّ. بيِّن كيفَ يمكنُ أن يؤثِّرَ ازديادُ عددِ اليرقاتِ في حدوثِ مرضِ لايم. اشرحْ إجابتك.
3. حدَّدَ علماءُ البيئةِ ميزاتٍ عديدةً يمكنُ أن تزيدَ من احتمالِ تعرُّضِ نوعٍ من الكائناتِ الحيةِ للانقراض. الاختصاصُ هو إحدى هذه الميزات. اشرحْ سببَ الاحتمالِ الأكبرِ لدى التعرّضِ للانقراضِ من قبلِ أنواعِ الكائناتِ الحيّةِ الأكثرِ اختصاصًا.
4. ادرسِ المخطَّطَ البيانيَّ، التالي، لنمطٍ حياتيٍّ لنوعٍ من الطيورِ المغرِّدة. أين يلتقطُ الطيرُ معظمَ قُوتِه؟ أيَّ أحجامٍ للحشراتِ يفضِّل؟



توسيعُ آفاقِ التفكير

اخترْ مساحةً صغيرةً في الطبيعةِ، كمرجٍ صغيرٍ. حدِّدْ بواسطةِ خيطٍ مساحةَ 1,000 cm^2 وعدِّد بعنايةٍ النباتاتِ والحيواناتِ التي تجدُها فيها. لاحظْ عددَ أنواعِ الكائناتِ الحيّةِ التي وجدتَها وتعرَّفْ أكبرَ عددٍ منها. قارنْ بين نتائجِكَ ونتائجِ زملائِكَ في الصفّ.

الفصـــلُ 6

الجماعاتُ الأحيائية



هذه الدلافينُ جزءٌ من الجماعةِ الأحيائيةِ للدلفينِ ذي الأنفِ الشبيهِ بالقنينة.

المفهومُ الرئيس: الاعتمادُ المتبادلُ بين الكائناتِ الحيّة

وأنتَ تقرأُ، لاحِظْ كيف تساعدُكَ الرسومُ البيانيةُ على فهمِ العملياتِ التي تخصُّ الجماعاتِ الأحيائية.

القســـم

1-6

النواتجُ التعليمية

▲ يشرحُ الفرقَ بين حجم الجماعةِ الأحيائيةِ وبين كثافتِها وانتشارِها.

● يصفُ الأنماطَ الثلاثةَ الرئيسةَ لانتشارِ الجماعةِ الأحيائية.

■ يوضحُ أهميةَ التركيبِ العمريِّ في الجماعةِ الأحيائية.

◆ يوضحُ الأنواعَ الثلاثةَ الرئيسةَ للمنحنياتِ البيانيةِ المتعلقةِ بالبقاءِ على قيدِ الحياة.

▲ يميِّزُ بينَ العواملِ المنظِّمةِ معتمدةِ الكثافةِ والعواملِ غيرِ معتمدةِ الكثافة.

● يذكرُ ثلاثةَ أسبابٍ تجعلُ الجماعاتِ الأحيائيةَ الصغيرةَ أكثرَ عُرضةً للانقراض.

فهمُ الجماعاتِ الأحيائية

كانتِ الجماعةُ الأحيائيةُ للإنسانِ في العالمِ تَعُدُّ حواليْ ستةِ ملياراتِ نسمةٍ عامَ 1996، وهو ثلاثةُ أضعافِ حجمِها لعامِ 1900. بينَ هذينِ التاريخينِ شهدتِ الجماعةُ الأحيائيةُ للإنسانِ نموًّا سريعًا، بينما انخفضَ بصورةٍ سريعةٍ حجمُ الجماعاتِ الأحيائيةِ لأنواعٍ عديدةٍ أخرى. فهل تواصلُ الجماعةُ الأحيائيةُ للإنسانِ نموَّها؟ وهل تواصلُ الجماعاتُ الأحيائيةُ لأنواعٍ أخرى تناقصَها؟ هل ستظلُّ أنواعٌ أخرى ماضيةً نحو الانقراض؟ من الصعبِ فهمُ الجماعاتِ الأحيائيةِ فهمًا يمكِّنُ من أجوبةٍ علميةٍ عن هذه الأسئلة.

مزايا الجماعاتِ الأحيائية

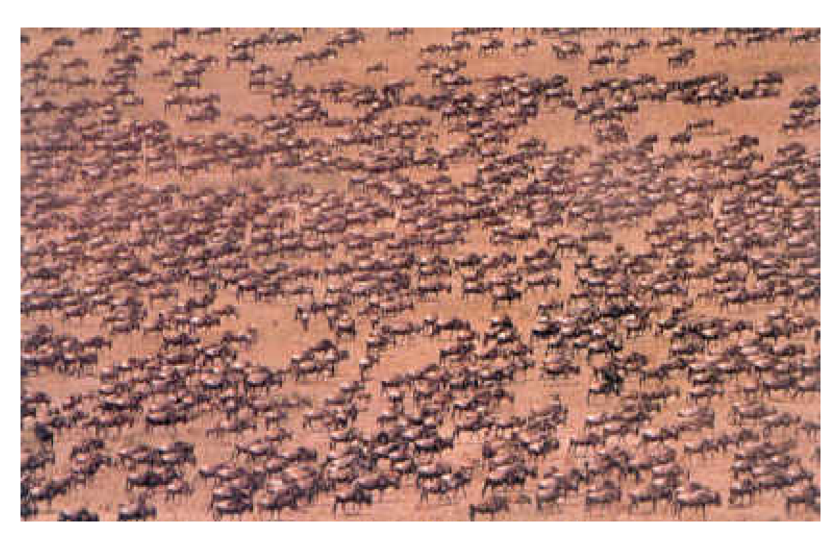
الجماعةُ الأحيائيةُ هي مجموعةٌ من الكائناتِ الحيّةِ تنتمي كلُّها إلى نوعٍ واحد، وتعيشُ في مكانٍ خاصٍّ بها في الوقتِ نفسِه. إن السمكةَ الذهبيةَ التي تعيشُ في بركةٍ معيّنة، وفي فترةٍ زمنيةٍ محدَّدة، تشكِّلُ بمجملِها جماعةً أحيائية، لأنها معزولةٌ في تلك البركةِ ولا تتفاعلُ مع السمكةِ الذهبيةِ التي تعيشُ في بركٍ مجاورة.

حجمُ الجماعةِ الأحيائية

حجمُ الجماعةِ الأحيائيةِ هو عددُ أفرادِها. يشكِّلُ الحجمُ ميزةً أساسيةً مهمةً للجماعةِ الأحيائية، لكن قد يصعبُ قياسُهُ بصورةٍ مباشرة. إذا كانتِ الجماعةُ الأحيائيةُ صغيرةً ومؤلّفةً من كائناتٍ حيةٍ غيرِ متنقلة، على غرارِ النباتات، يمكنُ تحديدُ حجمِها ببساطةٍ عن طريقِ تَعدادِ أفرادِها. إلاّ أن الأفرادَ غالبًا ما تكونُ كثيرةَ العددِ والانتشار، أو كثيرةَ التنقل، بحيثُ لا يسهلُ تعدادُها. عندئذ يتوجَّبُ على العلماءِ أن يقدِّروا تقديرًا عددَ الأفرادِ في الجماعةِ الأحيائية.

لنفترضْ أن عالِمًا يريدُ أن يعرفَ كم من أشجارِ النخيلِ يعيشُ في رقعةِ واحةٍ مساحتُها 10 كيلومتراتٍ مربَّعة، فعوضَ القيامِ بالبحثِ في كاملِ الرقعةِ وتعدادِ كلِّ أشجارِ النخيلِ يمكنُ للعالمِ أن يعدَّ الأشجارَ في قسمٍ أصغرَ من الواحة، في كيلومترٍ مربعٍ واحدٍ مثلاً، ويستخدمَ النتيجةَ في تقديرِ عددِ أفرادِ الجماعةِ الأحيائيةِ في مساحةٍ أكبر (منطقة). إذا كانتِ الرقعةُ الصغيرةُ تحتوي على 25 نخلة، يُرجَّحُ أن تحتويَ المساحةُ التي تبلغُ عشرةَ أضعافِ تلك الرقعةِ عشرةَ أضعافِ العددِ الذي تحتوي عليه الرقعةُ الصغيرة. فيكونُ التقديرُ المعقولُ لحجمِ الجماعةِ الأحيائيةِ 250 شجرةَ نخيل. ويجبُ اعتمادُ نمطٍ مماثلٍ في تقنيّةِ اختيارِ العيِّنةِ لتقديرِ حجمِ الجماعةِ الأحيائيةِ المبيّنةِ في الشكل 1-6.

يَفترضُ هذا النوعُ من التقديرِ أن يكونَ توزُّعُ الأشجارِ في هذه الواحةِ مماثلاً للتوزُّعِ الذي في الرقعةِ العيِّنةِ. إذا كانَ الاعتبارُ غيرَ دقيقٍ، لا يكونُ التقديرُ دقيقًا هو الآخر. تستند تقديراتُ حجمِ الجماعةِ الأحيائيةِ إلى بعضِ الاعتباراتِ الأساسيةِ، ولهذا تتضمّنُ كلُّها احتمالَ الوقوعِ في خطأ.



الشكل 1-6

هذه الحيواناتُ البريةُ المهاجرة، في أفريقيا الشرقية، متنقلةٌ وكثيرةُ العدد، بحيثُ يصعبُ تعدادُها. يجبُ على العلماءِ اعتمادُ طرائقِ اختيارِ العيّنةِ في مواقعَ عديدة، كي يرصدوا التغيّراتِ في حجمِ الجماعةِ الأحيائيةِ لهذه الحيوانات.

كثافةُ الجماعةِ الأحيائية

كثافةُ الجماعةِ الأحيائيةِ Population density هي مقدارُ اكتظاظِ الجماعةِ الأحيائية. يتمُّ التعبيرُ عن كثافةِ الجماعةِ الأحيائية، دائمًا، بعدد أفرادِها في وَحدةِ المساحةِ أو الحجم. يبيِّنُ الجدول 1-6 كثافةَ الجماعةِ الأحيائيةِ للإنسانِ في عدةِ بلدان. والتقديراتُ الواردةُ فيه حُسِبت بالنسبةِ لمساحةِ الأرضِ الإجمالية. يمكنُ أن تكونَ مساحاتُ بلدٍ معيَّنٍ قليلةَ السكان، في حين تكونُ مساحاتٌ أخرى شديدةَ الكثافةِ بالسكان.

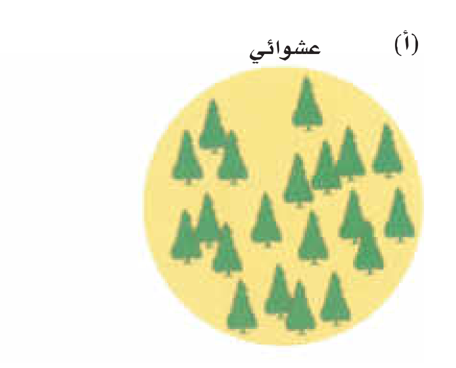
الجدول 1-6
كثافةُ الجماعاتِ الأحيائية للإنسان

البلد	كثافة الجماعة الأحيائية (الأفراد/Km^2)
اليابان	330
المملكةُ المتحدة	240
كينيا	50
المكسيك	50
الولاياتُ المتحدة	30
روسيا	10

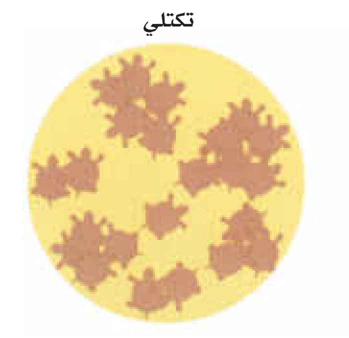
نمطُ الانتشار

الميزةُ الثالثةُ للجماعةِ الأحيائيةِ هي **الانتشار Dispersion**. وهو التوزعُ المكانيُّ للأفرادِ ضمنَ الجماعةِ الأحيائية. ففي التوزعِ التكتليِّ Clumped distribution يكونُ الأفرادُ على شكلِ تجمّع. وفي التوزعِ المتكافئِ Even distribution، تفصلُ بين الأفرادِ مسافةٌ معتدلة. أما في التوزعِ العشوائيِّ Random distribution فيكونُ كلُّ موقعٍ لفردٍ معيَّن مستقلاً عن مواقعِ الأفرادِ الأخرى في الجماعةِ الأحيائية. الأنماطُ الثلاثةُ الممكنةُ للانتشارِ مبيَّنةٌ في رسومِ الشكل 2-6أ. غالبًا ما يحصلُ التوزُّعُ التكتّليُّ عندما تكونُ الموارد، كالمأكلِ أو الحيِّزِ الحياتيِّ، متجمِّعة. كذلك يمكنُ للتوزُّعاتِ التكتليةِ أن تحصلَ بسببِ السلوكِ الاجتماعيِّ لنوعٍ معيَّن، كالطيورِ التي تتجمعُ أسرابًا. تنجم التوزُّعاتُ المتكافئة، عادةً، عن تفاعلاتٍ مجتمعية، غيرَ أن هذه التفاعلاتِ تؤدّي إلى ابتعادِ الأفراد عن بعضها قدرَ الإمكان. فعلى سبيلِ المثالِ يحدِّدُ كلُّ طائرٍ بحريٍّ من الطيورِ المبيَّنةِ في الشكل 2-6ج منطقةً صغيرةً عندَ الشاطئ ويدافعُ عنها ويحميها من غيرِهِ من طيورِ الفصيلةِ ذاتِها. يحاولُ كلُّ طيرٍ أن يبتعدَ إلى أقصى حدٍّ ممكنٍ عن جميعِ جيرانِه، مما يؤدّي إلى توزعٍ متكافئٍ للأفراد. ينتجُ التوزعُ العشوائيُّ عادةً من انتشارِ البذورِ بواسطةِ الريحِ أو الطيور، كما في الرسمِ الأولِ الظاهرِ في الشكل 2-6أ. وتنجمُ الغاباتُ وحقولُ الأزهارِ البريّةِ عن الانتشارِ العشوائيِّ للبذور.

(أ)









(ب) انتشارٌ تكتلي



(ج) انتشارٌ متكافئ



الشكل 6-2

الرسم (أ) يبيِّنُ أنماطَ الانتشارِ الثلاثة، العشوائي، والمتكافئ، والتكتلي. تتكتّلُ السلاحفُ، عادةً، لتستدفئَ بضوءِ الشمس. وغالبًا ما يلاحَظُ أن الطيورَ تنتشرُ بشكلٍ متكافئ، نتيجةَ التفاعلاتِ المجتمعية. الغابةُ مثالٌ على الانتشارِ العشوائيّ. عند النظرِ عن قربٍ إلى الصورة، تبدو الأسماكُ في (ب) كأنها تنتشرُ بالتكافؤ، غير أن رؤيتها عن بعدٍ تُظهرُها على صورةِ تكتلات. الطيورُ في (ج) موزّعةٌ بالتكافؤ، إلا أنها تبدو على شكلٍ تكتليٍّ عند النظرِ إليها من مسافةٍ بعيدة.

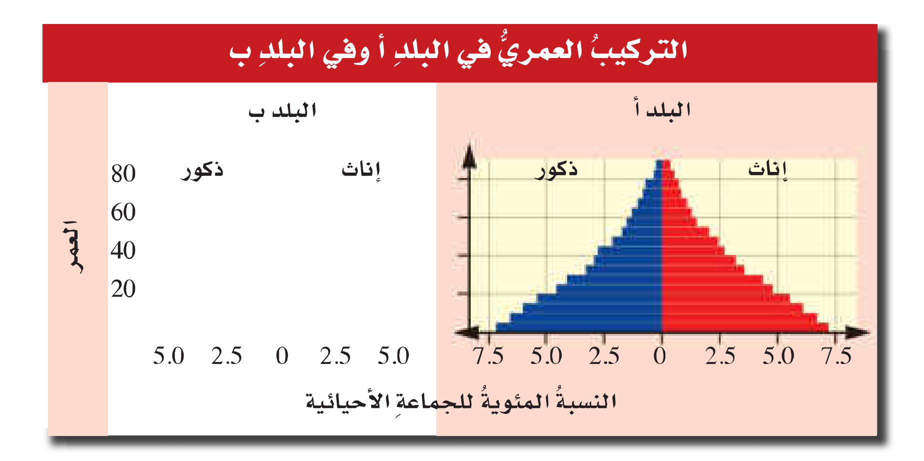
يعتمدُ نمطُ الانتشارِ لمجموعةٍ أحيائيةٍ معيَّنة، أحيانًا، على المدى الذي تمَّتْ ضمنَهُ الملاحظة. فالطيورُ في الشكل 6-2ج تبدو موزعةً بالتكافؤِ عند رؤيتِها عن بعدِ بضعةِ أمتار، إلا أنها تبدو تكتليةً عند النظرِ إليها عن بعدٍ وضمنَ الجزيرةِ كاملة.

ديناميةُ الجماعةِ الأحيائية

للجماعاتِ الأحيائيةِ كلِّها ديناميةٌ تغيِّرُ من حجمِها وتركيبتِها مع الوقت. لفهمِ هذه التغيُّرات، نحتاجُ إلى المزيدِ من المعرفةِ حول الجماعةِ الأحيائية، عدا ما نحتاجُ إليه لمعرفةِ حجمِها وكثافتِها وانتشارِها. يتمثَّلُ أحدُ القياساتِ المهمةِ في **نسبةِ الولادات Birth rate**، أي في عددِ الولاداتِ التي تحصُلُ في فترةٍ زمنية محدَّدة. أما القياسُ الثاني المهمُّ فهو **نسبةُ الوفَيَات Mortality rate** أو **Death rate**، وهو عددُ الوفيَاتِ في فترةٍ زمنيةٍ محددة. هناك إحصاءٌ مهمٌّ آخرُ هو قياسُ **مدى العمرِ المتوقَّع Life expectancy**، أو متوسِّطِ العمرِ المتوقَّعِ لحياةِ الفرد.

الشكل 3-6

الرسمانِ البيانيانِ يُظهرانِ التركيبَ العمريَّ بحسبِ الجنس، في بلدين. وتشيرُ المقارنةُ إلى أن البلدَ (أ) يتميزُ بنسبةٍ مئويةٍ أعلى للشباب ونسبةٍ مئويةٍ أدنى للكهولِ من البلدِ (ب).



التركيبُ العمريّ

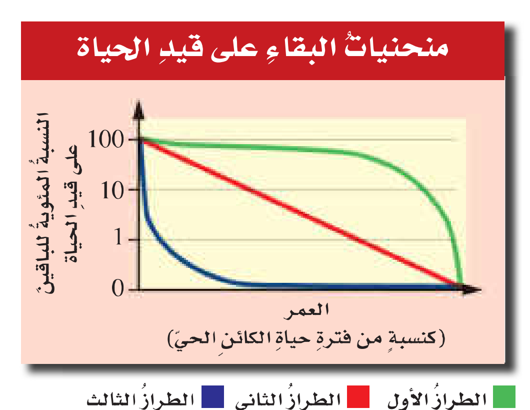
توزيعُ الأفرادِ على الأعمارِ المختلفةِ في إحدى الجماعاتِ الأحيائيةِ يُسمّى **التركيبَ العمريّ Age structure**. غالبًا ما تُعرَضُ التركيباتُ العمريةُ بشكلِ رسومٍ بيانية، كما في الشكل 3-6. تختلفُ العملياتُ الحياتيةُ المهمةُ للجماعاتِ الأحيائيةِ بحسبِ العمر. ففي العديدِ من أنواعِ الكائناتِ الحية، ومن ضمنها الإنسان، لا يقومُ الأفرادُ المتقدّمونَ جدًّا في السنّ بالتكاثر. أما الجماعاتُ الأحيائيةُ ذاتُ النسبةِ المئويةِ المرتفعةِ من الأفرادِ الشبابِ فتتصفُ بقدرةٍ أكبرَ على التزايدِ السريع.

أنماطُ نسبةِ الوفيات

البياناتُ العائدةُ لنسبِ الوفياتِ لدى أنواعٍ مختلفةٍ من الكائناتِ الحيةِ تميلُ الى الانسجامِ مع واحدٍ من المنحنياتِ البيانيةِ الظاهرةِ في الشكل 4-6. تُعرفُ هذه المنحنياتُ بـ **منحنياتِ البقاءِ على قيدِ الحياة Survivorship curves**، لأنها تُظهرُ الأعمارَ المختلفةَ التي يُرَجَّحُ أن يبقى خلالَها الكائنُ الحيُّ على قيدِ الحياة. عند الإنسانِ والفيَلة، مثلاً، تكونُ الوفياتُ قليلةً خلال فترةٍ طويلةٍ من دورةِ الحياة، لكنْ تظهرُ سرعةُ الموتِ بشكلٍ واضحٍ عند المتقدمينَ في السن. يُنتِجُ هذا النمطُ من الوفياتِ الطرازَ الأولَ **Type I** من منحنياتِ البقاءِ على قيدِ الحياة. هناك كائناتٌ حيةٌ أخرى ، كبعضِ أنواعِ الطيور، تكونُ نسبةُ عددِ الأمواتِ فيها ثابتةً خلالَ فترةِ حياتِها، وهي تتمثلُ بالخطِّ المستقيمِ المائلِ أو ما يسمّى بالطرازِ الثاني **Type II** من منحنياتِ البقاءِ على قيدِ الحياة. والكثيرُ من الكائناتِ الحيةِ يتميزُ بموتِ عددٍ كبيرٍ جدًّا من الأفرادِ في الفتراتِ الأولى لدوراتِ حياتِها، بعدها تنخفضُ سرعةُ الموت، وللباقينَ على قيدِ الحياةِ فرصةٌ جيدةٌ للتقدمِ في السنّ. يسمى هذا النمطُ الطرازَ الثالثَ **Type III** من منحنياتِ البقاءِ على قيدِ الحياة.

الشكل 4-6

لدى الانسانِ الطرازُ الأولُ Type I من منحنياتِ البقاءِ على قيدِ الحياة. لدى الطيورِ الطرازُ الثاني Type II من منحنياتِ البقاءِ على قيدِ الحياة. لدى بعضِ أنواعِ الأسماكِ الطرازُ الثالثُ Type III من منحنياتِ البقاءِ على قيدِ الحياة.



ضبطُ الجماعةِ الأحيائية

في الوسطِ البيئيِّ الذي تعيشُ فيه الجماعةُ الأحيائيةُ عواملُ تحدُّ من نموِّها، تسمى **العواملَ الحدِّية Limiting factors**. جرى تحديدُ صنفين من العواملِ الحدِّيةِ التي تتحكمُ في حجمِ الجماعةِ الأحيائية. أولُها **العواملُ غيرُ معتمِدةِ الكثافة Density-independent factors**، كالطقس والفيضاناتِ والحرائق، وهي تخفِّضُ من عددِ الجماعةِ الأحيائيةِ بنسبةٍ واحدة، بصرفِ النظرِ عن حجمِ الجماعةِ الأحيائية. فمثلاً إذا أدَّى احتراقُ غابةٍ إلى القضاءِ على جماعةٍ أحيائيةٍ من السناجب، فلا فرقَ عندئذٍ أكانَ عددُ السناجبِ في الجماعةِ الأحيائيةِ فردًا واحدًا أو مئة. وثانيها **العواملُ معتمِدةُ الكثافة Density-dependent factors**، وتشتملُ على محدوديةِ المواردِ مثل النقص في الطعامِ أو في مواقعِ الأعشاش، ويبدأُ تأثيرُها لدى ارتفاعِ كثافةِ الجماعةِ الأحيائية. وعددُ الكائناتِ الحيةِ التي يمكنُ إعالتُها بفضل مواردَ بيئيةٍ في نظامٍ بيئيٍّ معيَّن، يُسمَّى **قدرةَ الإعالة Carrying capacity** التي تؤدِّي إلى عدمِ نموِّ الجماعاتِ الأحيائيةِ بلا حدود.

تذَبْذُب حجمِ الجماعةِ الأحيائية

الجماعاتُ الأحيائيةُ جميعُها تُظهرُ سلسلةً من الزيادةِ والنقصان في حجمِ الجماعة. ويرتبطُ جزءٌ من التذبذباتِ في حجمِ الجماعةِ الأحيائيةِ ارتباطًا واضحًا بالتغيراتِ البيئية. يمكنُ لموسمِ جفاف، مثلاً، أن يخفِّضَ عددَ أفرادِ الجماعةِ الأحيائيةِ للغزلان التي تعيشُ في غابةٍ معيَّنة. وبعضُ الذبذباتِ في حجمِ الجماعةِ الأحيائيةِ يبدو غيرَ مرتبطٍ بالتغيراتِ البيئية. يُظهرُ الشكل 5-6 الدوراتِ الشهيرةَ للجماعةِ الأحيائيةِ للأرنبِ البريِّ الثلجيِّ Snowshoe hare، التي كان شارلز إلتون Charles Elton، وهو أحدُ رُوَّادِ علم البيئة، أولَ من وصفَها. فقد بيَّنتِ السجلاتُ أن أعدادَ الجماعةِ الأحيائيةِ للأرنبِ البريِّ قد عَرَفَت دورةً شديدةَ الانتظام، وتبيَّنَ لِـ إلتون وجودُ دورةٍ لجماعةِ الوشقِ Lynx، وهو نوعٌ من السنَّورِ المتوسطِ الحجمِ يفترسُ الأرانبَ البرية. في الغالب، كانت هناك ذرواتٌ لعددِ الجماعةِ الأحيائيةِ للوشقِ تَبرُز بعد سنةٍ واحدةٍ أو سنتين من ذرواتِ عددِ جماعةِ الأرانبِ البريةِ الأحيائية.

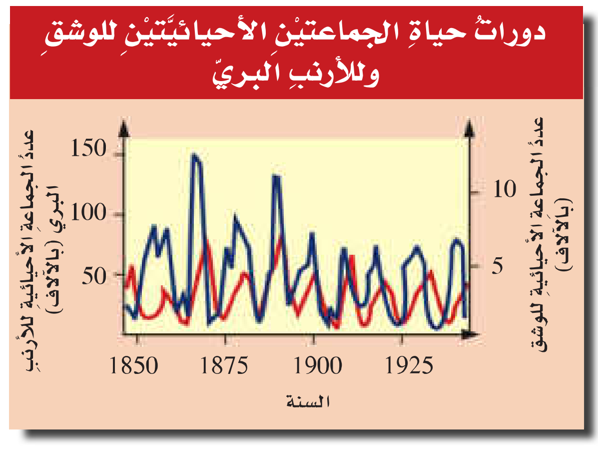
ظنَّ إلتون أن كلَّ نوعٍ منهما كان سببًا لدورةِ الحيوانِ الآخر،وأن الجماعةَ الأحيائيةَ للوشقِ تزدادُ عددًا كلما ازدادَ عددُ الجماعةِ الأحيائيةِ للأرنبِ البريّ، لأن هذه تؤمِّنُ المزيدَ من الغذاءِ للوشق. ولما كانت الجماعةُ الأحيائيةُ المتزايدةُ للوشقِ تأكلُ المزيدَ من الأرانبِ البرية، كان عددُ أفرادِ الجماعةِ الأحيائيةِ للأرانبِ يتناقص. ومع تناقصِ الغذاءِ اتَّسعتْ رقعةُ الجوعِ لدى الوشق، فهبطَ عدد جماعتِهِ

الشكل 5-6

(أ) تبينَ لإلتون أن لدى الأرنبِ البريِّ والوشقِ تغيراتٍ متوازيةً في دوراتِ حياةِ الجماعاتِ الأحيائيةِ الخاصةِ بهما. يُظهرُ الرسمُ البيانيُّ (ب)، أدناه، البياناتِ التي دوَّنَها إلتون وهي تدعمُ رأيَهُ الذي يقولُ بأن كلَّ حيوانٍ كان يتحكَّمُ بدورةِ حياةِ الحيوانِ الآخر. يمكنُكَ أن ترى كيفَ أن دوراتِ الحياةِ تتفاوت. وبما أن الأرانبَ البريةَ تكشفُ عن نفسِ دوراتِ حياةِ جماعتِها الأحيائيةِ عندما لا يكونُ الوشقُ موجودًا، يصبحُ معروفًا أن الوشقَ ليس عاملاً يتحكَّمُ بدورةِ حياةِ الأرانبِ البريَّة.



(أ)



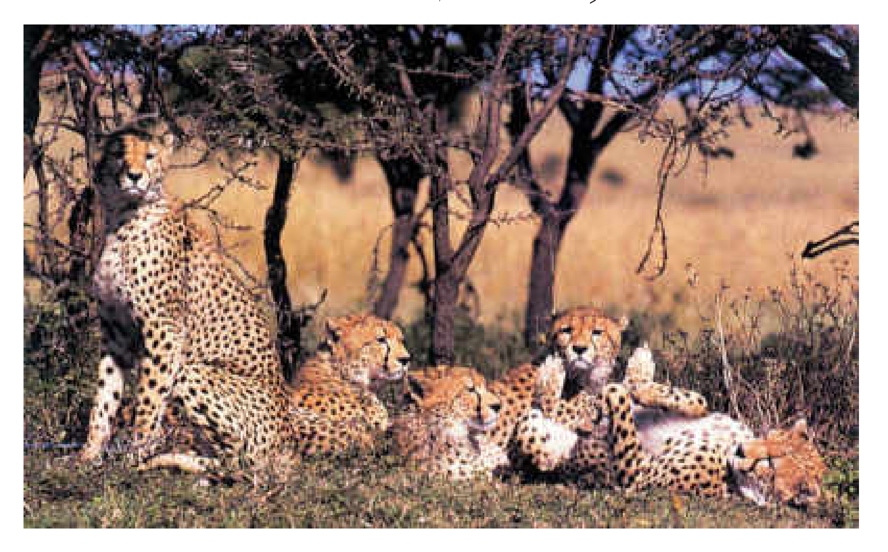
(ب)

الأحيائية، مما سمح للجماعةِ الأحيائيةِ للأرانبِ البريةِ بأن تزداد، وبذلك تبدأُ الدورةُ من جديد. غيرَ أنه تبيَّنَ لاحقًا أن الدوراتِ نفسَها تحصُلُ في الجماعاتِ الأحيائيةِ للأرانبِ البريةِ التي تعيشُ في الجزرِ الخاليةِ من الوشق، فدلَّ ذلك على أن إلتون لم يكنْ دقيقًا.

المخاطرُ التي تواجهُ الجماعاتِ الأحيائيةَ الصغيرة

تسبَّبَ النموُّ السريعُ للجماعةِ الأحيائيةِ للإنسان في خفضٍ شديدٍ لعددِ أفرادِ الجماعاتِ الأحيائيةِ لبعضِ الأنواعِ والأنواعِ الفرعيةِ Subspecies الأخرى من الكائناتِ الحيّة. فعلى سبيلِ المثال، لم يعدْ هناك أكثرُ من مئتين من النمورِ السيبيريةِ البرية، بسببِ الإفراطِ في صيدِها وبسببِ تدميرِ مساكنِها.

والجماعاتُ الأحيائيةُ الصغيرة، كتلك العائدةِ للفهودِ المبيَّنةِ في الشكل 6-6، معرّضةٌ بشكلٍ خاصٍّ للانقراض. فالإخلالُ بالبيئةِ، بسببِ حدوثِ العواصفِ والحرائقِ والفيضاناتِ أو انتشارِ الأمراض، قادرٌ على قتلِ الجماعةِ الأحيائيةِ بكاملِها، أو الإبقاءِ على عددٍ ضئيلٍ من الأفرادِ يمكِّنُ من الحفاظِ على وجودِها لا أكثر. كذلك يمكنُ **للتزاوجِ الداخليِّ Inbreeding**، أي تزاوجِ الأقرباء، أن يجعلَ الأفرادَ منهم أكثرَ عرضةً للإصابةِ بالأمراضِ، ويجعلَ حياتَهم أقصر.



الشكل 6-6
يقدِّرُ علماءُ الأحياءِ عددَ الفهودِ الباقيةِ في البريةِ بأقل من 15,000 فهد. يؤدّي التزاوجُ الداخليُّ في الجماعاتِ الأحيائيةِ الصغيرة، إلى فقدِ التنوّعِ الوراثي . تتمُّ تربيةُ الفهود في الأسْر، كمحاولةٍ للحفاظِ على تنوّعِها الوراثيِّ المتبقّي. ويمكن كذلك لبعضِ تلك الفهودِ أن تُطلَقَ لتعيشَ في البرية.

مراجعةُ القسم 6-1

1. اشرحْ كيف يمكنُ لجماعتين أحيائيّتين أن تتصفا بالحجمِ نفسِهِ وأن تختلفا من ناحيةِ الكثافة.
2. بيِّن السببَ الذي يجعلُ التوزُّعاتِ المتكافئةَ تَنتجُ من التفاعلاتِ المجتمعيةِ بين الأفراد.
3. إن مدى العمرِ المتوقَّعَ لأفرادِ البلدِ ب، من خلالِ الشكل 6-3، هو أعلى من نظيرِهِ لدى أفرادِ البلدِ أ، كيف يتمُّ استنتاجُ ذلك؟
4. اشرحْ كيفَ يؤدّي التزواجُ الداخليُّ إلى تعريضِ حياةِ الجماعةِ الأحيائيةِ للخطر.
5. اذكرْ عاملين غيرَ معتمدَيْ الكثافة.
6. **تفكيرٌ ناقد** اشرحْ صعوبتين يمكنُ أن تعترضا عالِمَ البيئةِ في تعدادِ جماعةٍ أحيائيةٍ من الطيورِ المهاجرة. ضعْ طريقةً لتقديرِ حجمِ مثلِ هذه الجماعةِ الأحيائية، واشرحْها.

القسم

2-6

النواتجُ التعليمية

▲

يشرحُ كيفَ غيَّر تطوّرُ الزراعةِ من نمطِ نموِّ الجماعةِ الأحيائيةِ للإنسان.

●

يصفُ التغيُّرَ في نموِّ الجماعةِ الأحيائيةِ للإنسانِ، الذي بدأ في حدودِ العام 1650.

■

يصفُ كيفَ تغيرتْ نِسبُ النموِّ منذُ الحربِ العالميةِ الثانية.



يقارنُ بين مستوى العيشِ العامِّ في البلدِ المتطورِ والمستوى ذاتِه في البلدانِ النامية.

نمُوُّ الجماعةِ الأحيائيةِ للإنسان

في الوقتِ الذي تقضيهِ في قراءةِ هذا الفصلِ تكونُ الجماعةُ الأحيائيةُ للإنسانِ قد زادت حوالي 10,000 نسمة. لا توجدُ سابقةٌ في التاريخِ لهذا النموِّ السريعِ الذي حصلَ للجماعةِ الأحيائيةِ للإنسانِ خلالَ هذه القرونِ الأخيرة. ما السببُ لهذا النموِّ السريع؟ وكم يمكنُهُ أن يدوم؟ هذا القسمُ سيتفحَّصُ هذينِ السؤالينِ وأسئلةً أخرى تتعلّقُ بانفجارِ الجماعةِ الأحيائية للإنسان.

تاريخُ نموِّ الجماعةِ الأحيائيةِ للإنسان

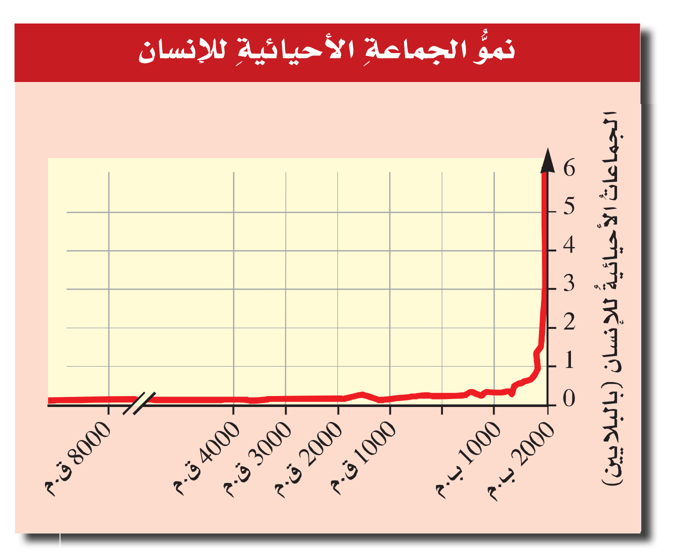
خلالَ خمسمئةِ ألفِ سنةٍ خلتْ، وحتى ما بين 10,000 و 12,000 سنةٍ قبلَ يومنا، نَمَتِ الجماعةُ الأحيائيةُ للإنسانِ العاقلِ *Homo sapiens* ببطءٍ شديد. خلالَ ذلك الزمنِ كان الناسُ يعيشونَ على صورةِ جماعاتٍ صغيرةٍ من الرحَّل. كانوا يحصلونَ على قوتِهِم عن طريقِ صيدِ الحيواناتِ وجمعِ جذورِ النباتِ والثمارِ الليّنةِ والجوزِ والبندقِ والصدفياتِ والفاكهة. يُسمى نمطُ العيشِ هذا **أُسلوبَ حياةِ الصيادِ-الجامع Hunter-gatherer lifestyle**. من خلال دراسةِ المجتمعاتِ القليلةِ الحاليةِ ذاتِ أسلوبِ الحياةِ المماثل، أدركَ العلماءُ أن النسبةَ المتدنيةَ لنموِّ الجماعةِ الأحيائيةِ سببُها قلةُ الجماعةِ الأحيائيةِ ونِسبُ الوفيَاتِ المرتفعة، على الأخصِّ بين الأطفالِ والأولادِ الصغارِ الذين لا يبلغونَ سنَّ الرشدِ والتكاثر.

تطوّرُ الزراعة

بدأ أسلوبُ حياةِ الصيادِ-الجامعِ بالتغيُّرِ بين العشرةِ آلافِ والاثنَي عَشَرَ ألفَ سنةٍ الماضية، على وجهِ التقريب، في الوقتِ الذي اكتشفَ فيه الناسُ كيفيةَ تدجينِ الحيواناتِ وكيفيةَ زراعةِ بعضِ النباتاتِ لتأمينِ المأكل. يُعرفُ هذا التبدُّلُ المفاجئُ لنمطِ الحياةِ **بالثورةِ الزراعية Agricultural revolution**. أدّتِ الثورةُ الزراعيةُ إلى تغيراتٍ عميقةٍ في كلِّ وجهٍ من أوجهِ الحياة، وتمثلتِ الناحيةُ الأهمُّ في ما حققتهُ الزراعةُ من استقرارٍ وزيادةٍ في الإمدادِ بالطعامِ المتوافر. بنتيجةِ ذلك، بدأت الجماعةُ الأحيائيةُ للإنسانِ تنمو بسرعةٍ أكبر. منذ حواليْ 10,000 سنةٍ كان عددُ الناسِ على الأرضِ بين مليونين وعشرينَ مليونًا. ومنذ ألفَيْ سنةٍ تقريبًا، كانت الجماعةُ الأحيائيةُ للإنسانِ قد ازدادتْ حتى بلغتْ ما بين 170 مليونًا و 330 مليونًا.

انفجارُ الجماعةِ الأحيائيةِ للإنسان

استمرَّ نموُّ الجماعةِ الأحيائيةِ للإنسان خلالَ العصورِ الوسطى، على نحوٍ يمكنُكَ أن تراه في الشكل 6-7، برغمِ بعضِ الاتجاهاتِ العكسيةِ القصيرةِ الأمد. يُفترضُ أن انتشارَ وباءِ الطاعون الذي استمرَّ من عام 1347 إلى عام 1352 قد أودى بحياةِ حوالي 25% من السكان في أوروبا وحدها. ثم بدأ نموُّ الجماعةِ الأحيائيةِ للإنسان بالتسارعِ بعد العام 1650، بسببِ هبوطٍ حادٍّ في نسبِ الوفياتِ أولاً. وهناك أسبابٌ عديدةٌ لهبوطِ نسبِ الوفيات، من ضمنِها التدابيرُ الصحيّةُ والنظافةُ الأفضل، ومراقبةُ الأمراضِ والسيطرةُ عليها، والازديادُ في توافرِ الطعام، وتحسُّنُ الظروفِ الاقتصادية. وبينما كانت نسبُ الوفياتِ ماضيةً في الهبوطِ، ظلتْ نسبُ الولاداتِ مرتفعة. أدَّى ذلك إلى نموٍّ سريعٍ للجماعةِ الأحيائيةِ للإنسانِ التي كانت قد بلغتْ 500 مليون شخص في العام 1650، ثم ارتفعتْ لتبلغَ في العام 1800 بليونًا واحدًا ثم بليونين في حدودِ العام 1930.



الشكل 6-7
يميِّزُ الشكلُ J للرسمِ البيانيِّ النموَّ المتسارع. يتفقُ معظمُ علماءِ البيئةِ على أن نسبةَ النموِّ الحاليِّ للجماعةِ الأحيائيةِ للإنسانِ لن تدوم.

وفي العقودِ التي تلتِ الحربَ العالميةَ الثانيةَ مباشرة، هبطتْ نسبُ الوفيَاتِ بشكلٍ حادٍّ من جديد بسببِ التحسنِ في الوقايةِ الصحيةِ في بلدانِ العالمِ الأكثرِ فقرًا. ظلَّتْ نسبُ الولاداتِ في هذه البلدانِ مرتفعة، فدفعتْ بنسبةِ النموِّ للفردِ الواحدِ إلى أرقامِها المرتفعةِ القصوى. لقد احتاجت الجماعةُ الأحيائيةُ للإنسان إلى معظمِ تاريخِ الإنسانِ ليبلغَ تعدادُها بليونَ نسمة، لكنها خلال 27 عامًا فقط، من سنة 1960 إلى 1987، استطاعتْ أن تزدادَ من ثلاثةِ بلايينِ نسمة إلى خمسةِ بلايين.

نموُّ الجماعةِ الأحيائيةِ حاضرًا

بلغت نسبةُ النموِّ العامِّ ذروتَها في أواخرِ الستينياتِ من القرنِ العشرينَ حيث بلغتْ نسبةُ نموِّ الفرد 0.021. بعد ذلك انخفضتْ نسبُ الولاداتِ في العديدِ من البلدان، فهبطتْ نسبةُ النموِّ تدريجيًّا وببطءٍ حتى بلغتْ مستواها الحالي، أي حوالي 0.014 للفردِ الواحد. أدَّى هذا الهبوطُ ببعضِ الناسِ إلى الاستنتاجِ أن الجماعةَ الأحيائيةَ لم تعدْ تتزايد، وهو استنتاجٌ خاطئٌ لأن عددَ الناسِ الذي يجب إضافتُه إلى الجماعةِ الأحيائيةِ للإنسانِ في العالم، هذه السنة، هو أكبرُ مما كان عليهِ عندما كانتْ نسبةُ النموِّ في ذروتِها. في العام 1999 كان تعدادُ الناس 6 بلايين، وكانت نسبةُ النموِّ 0.014 للفردِ الواحد. بذلك يكونُ عددُ الناسِ المضافُ إلى الجماعةِ الأحيائيةِ للإنسان 0.014 × 6,000,000,000، أي 84 مليونًا.

يعيشُ اليومَ 20% من الجماعةِ الأحيائيةِ للإنسانِ في **البلدانِ المتطوِّرة Developed countries** كمعدلٍ عامّ. يُعتبرُ الناسُ في البلدانِ المتطوِّرةِ أفضلَ من حيث درجةُ التعليمِ والصحةِ، كما أنهم يعيشونَ عمرًا أطولَ من أعمارِ باقي الجماعةِ الأحيائيةِ للإنسانِ عبرَ العالم. لكنَّ نِسبَ نموِّ الجماعةِ الأحيائيةِ للإنسانِ في البلدانِ المتطورةِ متدنيةٌ جدًا، فهي دون 0.01 للفردِ الواحد. تنحسرُ الجماعةُ الأحيائيةُ، في

الجدول 2-6 إحصائياتُ الجماعةِ الأحيائيةِ للإنسانِ لبلدانٍ مختارة.

البلد	الجماعةُ الأحيائيةُ الحاليةُ للإنسانِ (بالملايين)	نسبةُ النموِّ الحالية (للفرد الواحد)	الجماعةُ الأحيائيةُ للإنسانِ المتوقّعةُ في العام 2025 (بالملايين)	الفترةُ الزمنيةُ لمضاعفةِ عددِ الناس (بالسنين)
الصين	1.200	0.011	1,500	64
الهند	950	0.019	1,400	37
الولاياتُ المتحدةُ الأميركية	265	0.006	335	117
البرازيل	161	0.017	202	41
روسيا	148	-0.005	153*	غير صالح للتطبيق
اليابان	126	0.002	126	350
نيجيريا	104	0.031	246	23
المكسيك	95	0.022	142	32
ألمانيا	82	-0.001	79*	غير صالح للتطبيق
المملكةُ المتحدة	59	0.002	63	350
فرنسا	58	0.003	64	233
أفريقيا الجنوبية	45	0.023	70	30
كينيا	28.2	0.027	49	26
أستراليا	18	0.008	23	88
هايتي	7.3	0.023	11	30

* يفترضُ الإسقاطُ المستقبليُّ أن نسبةَ النموِّ للفردِ الواحدِ سترتفعُ لتصبحَ موجبة.

بعضِ هذه البلدان، بسببِ نسبِ الوفياتِ التي تفوقُ نسبَ الولادات.إن معظمَ الناس (حواليّ 80% من الجماعةِ الأحيائيةِ للإنسانِ في العالم) يعيشونَ في **البلدانِ النامية Developing countries**. وهذه البلدانُ أكثرُ فقرًا من البلدانِ الأكثرِ تطوّرًا، كما أن جماعتها الأحيائيّة للإنسان تنمو بصورةٍ أسرع، بمعدلِ نموٍّ أعلى من 0.02 للفردِ الواحد. الجدول 2-6 يبيّنُ بعضَ إحصائياتِ الجماعةِ الأحيائية للإنسان في عددٍ من البلدان.

مراجعةُ القسم 2-6

1. ما الأثرُ الذي تركتهُ الثورةُ الزراعيةُ في نموِّ الجماعةِ الأحيائيةِ للإنسان؟
2. اشرحِ السببَ الذي جعلَ نسبَ الوفيَاتِ تبدأُ في الهبوطِ بسرعةٍ في حدودِ العام 1650.
3. لماذا ارتفعتْ نسبُ نموِّ الجماعةِ الأحيائيةِ للإنسانِ بسرعةٍ بعد الحربِ العالميةِ الثانية؟
4. ماذا تُبيّنُ لك المقارنةُ بين نسبِ نموِّ الجماعةِ الأحيائيةِ للإنسانِ في البلدانِ الناميةِ وبين نسبتِها في البلدانِ المتطورة؟
5. ما أوجهُ الاختلافِ في المستوى المعيشيِّ بين البلدانِ الناميةِ والبلدانِ المتطورة؟
6. **تفكيرٌ ناقد** ميّز، بخمسِ أو ستِّ جمل، بين نسبةِ النموِّ ونسبةِ الولادات، وقيّمِ القولَ الذي يدَّعي أن انخفاضَ نسبةِ الولاداتِ قد يؤدّي إلى خفضِ نسبةِ النموّ.

مراجعةُ الفصل 6

ملخص / مفردات

1-6

- الجماعةُ الأحيائيةُ هي مجموعةٌ من الأفرادِ تنتمي إلى نوعٍ واحدٍ من الكائناتِ الحية، وتعيشُ في المكانِ نفسِهِ وفي الفترةِ الزمنيةِ عينِها.
- حجمُ الجماعةِ الأحيائيةِ هو عددُ أفرادِها. وكثافةُ الجماعةِ الأحيائيةِ هي قياسُ الاكتظاظِ فيها. يشيرُ نمطُ الانتشارِ العشوائيِّ، أو المتكافئ، أو التكتليِّ، إلى توزُّعِ الأفرادِ ضمنَ الجماعةِ الأحيائية.
- يشيرُ التركيبُ العمريُّ للجماعةِ الأحيائيةِ إلى النسبةِ المئويةِ لأفرادِ كلِّ عمرٍ من الأعمار.
- تُظهرُ الجماعاتُ الأحيائيةُ ثلاثةَ طرازاتٍ من الوفيَات: الطرازُ الاول Type I (وفياتٌ متدنيةٌ حتى سنٍّ متقدمة)، والطرازُ الثاني Type II (نسبةُ وفياتٍ ثابتةٍ على مدى الحياة)، والطرازُ الثالث Type III (نسبةُ وفياتٍ كاسحة تحدث في سنٍّ مبكرةٍ من الحياةِ تليها نسبةُ وفياتٍ متدنيةٍ لما تبقى من فترةِ الحياة).
- تقتلُ العواملُ غيرُ معتمدةِ الكثافةِ النسبةَ المئويةَ نفسَها من الأفرادِ في الجماعةِ الأحيائيةِ، بصرفِ النظرِ عن حجمِها. تقتلُ العواملُ معتمدةُ الكثافةِ من الأفرادِ، في الجماعاتِ الأحيائيةِ الكبيرة، أكثرَ مما تقتلُ في الجماعاتِ الأحيائيةِ الصغيرة.
- يتقلَّبُ نموُّ حجمِ الجماعاتِ الأحيائية، مع الوقت، بسببِ التغيراتِ البيئية.
- الجماعاتُ الأحيائيةُ الصغيرةُ أقلُّ قدرةً على تجاوزِ التغيّراتِ البيئية، ومن المرجَّحِ أكثرَ أن يحدثَ فيها التزاوجُ الداخليّ، وغالبًا ما يكونُ تنوُّعُها الوراثيُّ متدنيًا.

مفردات

- **الانتشار** Dispersion (104)
- **التركيبُ العمريّ** Age structure (106)
- **التزاوجُ الداخليّ** Inbreeding (108)
- **العاملُ الحدّيّ** Limiting factor (107)
- **العاملُ غيرُ معتمدِ الكثافة** (107) Density-independent factor
- **العاملُ معتمِدُ الكثافة** (107) Density-dependent factor
- **قدرةُ الإعالة** Carrying capacity (107)
- **كثافةُ الجماعةِ الأحيائية** (104) Population density
- **مدى العمرِ المتوقَّع** Life expectancy (105)
- **منحنى البقاءِ على قيدِ الحياة** (106) Survivorship curve
- **نسبةُ الولادات** Birth rate (105)
- **نسبةُ الوفيَات** (105) Death/mortality rate

2-6

- منذ 10,000 إلى 12,000 سنة كان نموُّ الجماعةِ الأحيائيةِ للإنسانِ متدنيًا.
- أدّى تطوّرُ الزراعةِ إلى ارتفاعِ نسبةِ نموِّ الجماعةِ الأحيائية للإنسان. كذلك أدَّى تحسُّنُ الظروفِ الصحيةِ والنمطِ الغذائيِّ والظروفِ الأحيائية، في حدودِ العام 1650، إلى مزيدٍ من تسارعِ نموِّ الجماعةِ الأحيائيةِ للإنسان.
- نمتِ الجماعةُ الأحيائيةُ للإنسان، في العقودِ التي تلت الحربَ العالميةَ الثانيةَ مباشرةً، وفقًا لأسرعِ نسبةٍ لها وبصورةٍ أوسع، بسببِ عنايةٍ صحيةٍ وطبيةٍ أفضلَ في البلدانِ الفقيرة.
- يتصفُ نموُّ الجماعةِ الأحيائيةِ للإنسانِ اليوم، بسرعةٍ أكبرَ في البلدانِ الأقلِّ تطوّرًا، وببطءٍ أكبرَ في البلدانِ الأكثرِ تطورًا.

مفردات

- **أسلوبُ حياةِ الصيّادِ-الجامع** (109) Hunter-gatherer lifestyle
- **البلدانُ النامية** (111) Developing countries
- **البلدانُ المتطوّرة** (110) Developed countries
- **الثورةُ الزراعية** (109) Agricultural revolution

مراجعة

مفردات

وضّح الفرقَ بين معاني الكلماتِ في الأزواجِ التالية:

1. العاملُ معتمدُ الكثافة، العاملُ غيرُ معتمدِ الكثافة
2. الكثافة، الانتشار
3. البلدانُ النامية، البلدانُ المتطورة

اختيارٌ من مُتعدِّد

4. التوزُّعُ التكتُّلي (أ) يحدثُ عندما يكونُ تباعدُ الأفراد متساويًا (ب) يمكنُ أن يحدثَ عندما تكونُ الموارِدُ متجمِّعة (ج) يمكنُ أن يحدثَ بسببِ تفاعلاتٍ اجتماعيةٍ بين الأفراد فقط (د) يحدثُ فقط بين النباتات.
5. إن العمرَ المتوقَّع (أ) يعني العمرَ الأقصى للفرد (ب) هو متوسِّطُ العمر (ج) يرتبطُ فقطْ بنسبِ الولادات (د) هو نفسُهُ في جميع أنواعِ الكائناتِ الحية.
6. أيُّ إجابةٍ، مما يلي، ليستْ عاملاً غيرَ معتمدِ الكثافة لجماعةٍ أحيائيةٍ من الغِزلان تعيشُ في غابة؟ (أ) فترةٌ زمنيةٌ ذاتُ طقسٍ جليديّ (ب) عددُ حيواناتِ البوما Puma في الغابة (ج) موسمُ جفاف (د) انزلاقُ الأرض.
7. يمكنُ للتزاوجِ الداخليِّ أن يكونَ مؤذيًا لجماعةٍ أحيائيةٍ لكونه (أ) يزيدُ من التنوعِ الوراثيِّ في جماعةٍ أحيائية، (ب) يخفضُ نسبةَ الوفيَاتِ في الكائناتِ الناتجة (ج) يرفعُ نسبةَ الوفياتِ في الكائناتِ الناتجة (ج) يخفضُ قدرةَ الإعالة.
8. خلالَ الحقبةِ التاريخيةِ التي كان الإنسانُ فيها يعتمدُ أسلوبَ حياةِ الصيادِ الجامع (أ) كانتْ نسبُ الوفياتِ عالية (ب) كانتِ الزراعةُ مصدرًا للغذاء (ج) نمتِ الجماعةُ الأحيائيةُ (للإنسان) حتى بلغتْ بليونًا من الأفراد (د) كانتْ نسبُ نموِّ الجماعةِ الأحيائيةِ مرتفعة.
9. كان سببَ هبوطِ نسبِ الوفيَاتِ إثْرَ الحربِ العالميةِ الثانية (أ) البدءُ بإنتاجِ المحاصيلِ الزراعيةِ وفقًا للهندسةِ الوراثية (ب) هبوطٌ في العمرِ المتوقَّع (ج) تحسُّن الظروفِ الصحيةِ والعنايةِ الطبية (د) هبوطُ نسبِ الولادات.

إجابةٌ قصيرة

10. لاحَظَ عالِمٌ أن الجماعةَ الأحيائيةَ للسلاحفِ في بركةِ ماء تتوزعُ بصورةٍ تكتّلية. أوضحْ سببينِ يجعلانِ السلاحفَ تميلُ إلى إظهارِ هذا النمطِ من التوزُّع.
11. صفْ كيفَ يختلفُ التوزُّعُ المتكافىءُ عنِ التوزّعِ العشوائيّ. ارسمْ شكلاً يمثلُ كلَّ نمطٍ من التوزُّع.
12. اشرحْ ثلاثةَ أسبابٍ تجعلُ الجماعاتِ الأحيائيةَ الصغيرةَ بشكلٍ خاصٍّ معرَّضةً للانقراض.
13. ما حقيقةُ الثورةِ الزراعية؟ وما كانَ تأثيرُها في نموِّ الجماعةِ الأحيائيةِ للإنسان؟ كيفَ كان الناسُ يحصلونَ على الغذاءِ قبل حدوثِ الثورةِ الزراعية؟
14. بدأتِ الجماعةُ الأحيائيةُ للإنسان تنمو بسرعةٍ كبيرةٍ في حدودِ العام 1650. تحدَّثْ عن ثلاثةِ عواملَ كانتْ من أسبابِ هذا التغيرِ في نسبةِ نموِّ الجماعةِ الأحيائيةِ للإنسان.

تفكيرٌ ناقد

1. لا يزالُ سببُ دورةِ الأرنبِ البرّيِّ الثلجيِّ بمثابةِ لغز، اقترحْ تفسيرين محتملين لحدوثِ هذه الدورة. صفْ كيف يمكنُكَ اختبارُ كلِّ احتمالٍ منهما.
2. اشرحْ كيف يمكنُ لمرضٍ أن يكونَ عاملاً غيرَ معتمدِ الكثافةِ في جماعةٍ أحيائية.
3. ضعْ إسقاطًا متوقَّعًا تنمو فيه الجماعةُ الأحيائيةُ للبلد X بسرعةٍ خلالَ العقودِ القليلةِ القادمة. ضعْ إسقاطًا متوقعًا آخرَ يكونُ فيه النموُّ في البلد Y بطيئًا. بالاعتمادِ على التركيبِ العمريِّ المبيَّنِ في الشكلِ أعلاه، بيِّنْ لماذا تكونُ الإسقاطاتُ المتوقعةُ ممكنةَ الحدوثِ في المستقبل.

التركيبُ العمري، في البلد X وفي البلد Y

البلد X — البلد Y
ذكور — إناث
العمر: 10، 20، 30، 40، 50، 60، 70، +80
8 4 0 4 8 — 4 0 4
النسبةُ المئويةُ للمجموعةِ الأحيائية

توسيعُ آفاقِ التفكير

1. بالاعتمادِ على مراجعَ مكتبيةٍ أو على بياناتٍ على الإنترنت، حصِّلْ معلوماتٍ حولَ كيفيةِ إجراءِ إحصاءٍ للجماعةِ الأحيائيةِ للإنسانِ في بلدك. افحصِ النتائجَ لإحصاءِ العام 1990 وللعام 1980، وأجبْ عن الأسئلةِ التالية: كم كان عددُ السكانِ في الجماعةِ الأحيائيةِ للعام 1990؟ بكم كانتِ الجماعةُ الأحيائيةُ في العام 1990 أكثَر من الجماعةِ الأحيائيةِ في العام 1980؟
2. حاولْ أن تحصلَ على سجلاتِ الجماعةِ الأحيائيةِ في بلدتِك، أو مدينتِك، أو بلدِك. وحاولِ الحصولَ على بياناتٍ تغطِّي أطولَ فترةٍ زمنيةٍ ممكنة. ضعْ رسمًا بيانيًّا يُظهرُ التغيراتِ في حجمِ الجماعةِ الأحيائية. صفْ أيَّ أنماطٍ تصادفُها في البيانات.

الفصــــلُ 7

علمُ بيئةِ المجتمعِ الأحيائيّ



هذا مجتمعٌ أحيائيٌّ لشعابٍ مرجانيةٍ تضاهي غابةً مطيرةً استوائية، من حيثُ عددُ أنواعِ الكائناتِ الحيةِ فيها.

المفهومُ الرئيس: الاعتمادُ المتبادلُ بين الكائناتِ الحية

وأنتَ تقرأُ، لاحظْ كيف ينظِّمُ التكيّفُ التفاعلاتِ المتبادَلةَ بين أنواعِ الكائناتِ الحيةِ التابعةِ لمجتمعٍ أحيائيّ.

القسم

1-7

النواتجُ التعليمية

▲ يميِّزُ الافتراسَ من التطفُّل.

● يقيِّمُ أهميةَ المحاكاةِ كآليّةٍ دفاعية.

■ يصفُ طريقتين تحمي بهما النباتاتُ نفسَها من آكلةِ العشب.

◆ يشرحُ كيف تؤثِّرُ المنافسةُ في بيئة المجتمعِ الأحيائي.

▲ يميِّزُ بين تبادلِ المنفعةِ والتعايش، ويعطي مثلاً واحدًا على كلٍّ منها.

التفاعلاتُ بين أنواعِ الكائناتِ الحية

مثلما تحتوي الجماعةُ الأحيائيةُ الواحدةُ على أعضاءٍ متفاعلةٍ من نوعٍ واحدٍ من الكائناتِ الحية، كذلك تحتوي المجتمعاتُ الأحيائيةُ على جماعاتٍ أحيائيةٍ متفاعلةٍ من أنواعٍ عدةٍ من الكائناتِ الحية. يقدّمُ هذا الفصلُ الأنواعَ الخمسةَ الرئيسةَ للتفاعلاتِ المتداخلةِ المتقاربة، أو ما يعرفُ بـ **التكافل Symbiosis**، وهي: الافتراسُ، والتطفلُ، والتنافسُ، وتبادلُ المنفعةِ، والتعايش. وتساهمُ هذه العلاقاتُ التكافليةُ في تحديدِ طبيعةِ المجتمعاتِ الأحيائية.

الافتراس

الافتراسُ هو قوةٌ جبّارةٌ قائمةٌ ضمن مجتمعٍ أحيائيّ. في الافتراسِ فردٌ واحدٌ، هو **المفترس Predator**، يقبضُ على فردٍ آخرَ هو **الفريسةُ Prey**، ويقتلُهُ ثم يستهلكُهُ. يؤثِّرُ الافتراسُ على مكانِ وكيفيةِ عيشِ أنواعِ الكائناتِ الحيةِ من خلالِ تحديدِ العلاقاتِ البينيةِ ضمن شبكةِ السلاسلِ الغذائية. والافتراسُ منظِّمٌ فعّالٌ لحجمِ الجماعةِ الأحيائية.

الكائناتُ الحيةُ المفترسةُ والفريسة

تمتازُ الكائناتُ الحيةُ المفترسةُ بتكيفاتٍ تمكِّنُها من تحسينِ طرقِها لإيجادِ الفريسةِ والتقاطِها واستهلاكِها. فالحيةُ ذاتُ الأجراسِ Rattlesnake، على سبيلِ المثال، لها تكيفاتٌ تمكِّنُها من تحديدِ مكانِ فرائسِها، بفضلِ تمتعِها بحاسةِ شمٍّ حادة، ولها نُقَرٌ حساسةٌ جدًّا لدرجةِ الحرارةِ تقعُ تحت ثقبَيِ الأنف، كما يظهرُ في الشكل 1-7، هذه النُّقَرُ تمكِّنُ الحيةَ ذاتَ الأجراسِ من تسديدِ ضربةٍ إلى فريسةٍ ذاتِ جسمٍ دافئٍ بدقةٍ كبيرة،





الشكل 1-7

الحيّاتُ ذواتُ الأجراسِ قادرةٌ على رصدِ تغيرٍ طفيفٍ في درجاتِ الحرارةِ لا يتعدّى 1°C، يساعدُها ذلك على تحديدِ موقعِ فريستِها. ولكي تشلَّ الحيةُ حركةَ فريستِها، تحقنُها بسمٍّ قويٍّ سريعِ المفعول، بواسطةِ أنيابٍ مجوفةٍ Fangs حادّة.



(أ) السرعوفة



(ب) الضفدع



الشكل 7-2

اللونُ الملائمُ للعديدِ من الكائناتِ الحيةِ يساعدُها على تجنُّبِ الوقوعِ فريسة. السرعوفة في (أ) لا يمكنُ رصدُها بسهولةٍ بينَ الأوراقِ. الضفدعُ، في (ب)، ملوّنٌ بلونٍ صارخٍ جدًا لينذرَ الكائناتِ الحيّةَ الأخرى بأنه في غايةِ السمّيةِ.

حتى في الظلام. تشملُ تكيفاتٌ أُخرى للكائنِ الحيِّ المفترسِ، شبكاتِ العناكبِ والأسنانَ الحادّةَ القاطعةَ للّحمِ كالتي للذئابِ والثعالب، وتشملُ كذلك النمطَ المخطَّط لجلودِ النمورِ الذي يمنحُها قدرةً على التموهِ في مواطنِها البيئيةِ في الحقولِ العشبية.

بقاءُ الكائنِ الحيِّ المفترسِ حيًّا يقومُ على قدرتِهِ ونجاحِهِ في إيجادِ غذائه، في حينِ يعتمدُ بقاءُ الفريسةِ على قيدِ الحياةِ على قدرتِها على تجنبِ الوقوعِ فريسة. لذلك توجدُ لدى الحيواناتِ أساليبُ عديدةٌ لتجنبِ وقوعِها فريسة، أو للهروبِ بعيدًا عن الكائناتِ المفترسة. بعضُ الكائناتِ الحيةِ تلوذُ بالفرارِ عندما تقتربُ منها كائناتٌ حيةٌ مفترسة، وبعضُها الآخرُ يعوِّقُ عمليةَ رصدِهِ بالاختباءِ أو محاكاةِ (تقليد) صورةِ شيءٍ لا يؤكل. هل تستطيعُ مثلاً رؤيةَ السرعوفةِ في الشكل 7-2أ ؟ إن بعضَ الكائناتِ الحيةِ السامة، كالضفدعِ الظاهرِ في الشكل 7-2ب، تَستخدمُ ألوانَها الصارخةَ جدًّا لتحذِّرَ الكائناتِ الحيةَ الأخرى من سُمِّيتِها.

المحاكاة

يقعُ الخداعُ ضمنَ الدفاعاتِ المضادةِ للكائناتِ الحيةِ المفترسة. ومن دفاعِ الخداعِ التقليدُ أو **المحاكاة Mimicry**، ومعناه قيامُ نوعٍ من الكائناتِ الحيةِ غيرِ المؤذيةِ بمحاكاةِ أنواعٍ من الكائناتِ الحيةِ السامّةِ أو البغيضة. تؤمِّنُ الكائناتُ الحيّةُ غيرُ المؤذيةِ حمايةً لنفسِها عن طريقِ المحاكاة، إذ غالبًا ما يحسَبُها العدوُّ شبيهةً بالكائنِ الحيِّ الخطير. الثعبانُ الملكُ King snake، الذي يظهرُ في الشكل 7-3ب، يحاكي الثعبانَ المرجانيَّ Coral snake السامَّ، الذي يظهرُ في الشكل 7-3أ.

يوجدُ شكلٌ آخرُ من المحاكاةِ، هو ظهورُ نوعينِ أو أكثرَ من الكائناتِ الحيةِ الخطيرةِ في صورٍ متشابهة. فعلى سبيلِ المثال، هناك أنواعٌ عديدةٌ من النحلِ والدبابيرِ متشابهةٌ في الخطوطِ الصفراءِ والسوداءِ المتناوبة. تُفيدُ هذه المحاكاةُ كلَّ نوعٍ من أنواعِ الكائناتِ الحيةِ المعنية، لأن الكائنَ المفترسَ الذي يلتقي فردًا من أحدِ أنواعِها يتجنبُهُ كما يتجنبُ ما يماثلُهُ منها.

جذرُ الكلمةِ وأصلُها

كائنٌ طفيليّ

parasite

من الكلمةِ اللاتينيةِ parasitus، التي تعني «الفردَ الذي يقتاتُ من زادِ غيرِه».





(أ) الثعبانُ المرجانيّ

(ب) الثعبانُ الملك

الشكل 7-3

من السهلِ التمييزُ بين الثعبانِ الملكِ القرمزيِّ والثعبانِ المرجانيّ. للثُعبانِ المرجانيِّ حلقاتٌ حمراءُ وصفراءُ مدمجة، في حين أن للثُعبانِ الملكِ حلقةٌ سوداءُ تفصلُ بين الحلقتين. للثعبانِ المرجانيِّ خرطومٌ أسودُ يقابلُهُ لدى الثعبانِ الملكِ خرطومٌ أحمر.

تفاعلاتٌ بين النباتِ وآكِلةِ الأعشاب

تسمَّى الحيواناتُ التي تقتاتُ بالنباتِ آكِلةَ الأعشاب Herbivores. يُصنّفُ علماءُ البيئةِ، عادةً، العلاقةَ بين النباتاتِ وآكِلةِ الأعشابِ كشكلٍ من أشكالِ الافتراس.

وقد زُوِّدتِ النباتاتُ بتكيفاتٍ تحميها من أن تؤكل. فهناك تركيباتٌ دفاعية، كالأشواكِ الحادةِ والشعيراتِ الدبقةِ والأوراقِ القاسية، يمكنُ أن تجعلَ أكلَ النبتةِ أكثرَ صعوبة. وزُوِّدَتِ النباتاتُ كذلك بمجموعةِ دفاعاتٍ كيميائية. فهي تصنعُ من منتجاتِ أيضِها موادَّ كيميائيةً تسمى **المركَّباتِ الثانوية**، **Secondary compounds**، وهي موادُّ سامةٌ ومؤذيةٌ أو كريهةُ الطعم. النيكوتينُ هو أحدُ هذه الموادِّ الكيميائيةِ التي تؤمِّنُ وظيفةً دفاعية (النيكوتين سامٌّ للحشراتِ وموجودٌ في أوراقِ التبغ). وتفرزُ أشجارُ السنديانِ السامِّ مادةً كيميائيةً مؤذية، تسبِّبُ طفحًا جلديًّا لمعظمِ الناس. للعديدِ من هذه المركباتِ الثانويةِ استعمالاتٌ طبية. فهناك عددٌ كبيرٌ من العقاقيرِ، كالمورفين والكوديين، تُشتقُّ من موادَّ كيميائيةٍ نباتية.

التطفُّل

التطفلُ Parasitism هو تفاعلٌ بين أنواعٍ من الكائناتِ الحيةِ يشبهُ النمطَ الافتراسيّ، يتأذى فيه أحدُ الأفرادِ بينما يستفيدُ به الفردُ الآخر. في التطفلِ يُعرَفُ أحدُ الطرفين **بالطُّفَيْلِيّ**، وهو الذي يقتاتُ بفردٍ آخرَ يعرَفُ **بالعائل Host**.

يُمكنُ وضعُ الكائناتِ الحيةِ الطفيليةِ بالاستنادِ إلى كيفيةِ تفاعُلِها مع معيلِها، ضمنَ مجموعتينِ رئيسَتينِ هما: **الطفيلياتُ الخارجيةُ Ectoparasites** التي تعيشُ على السطحِ الخارجيِّ لجسمِ العائلِ دون أن تدخلَه كالقرادةِ Ticks والبراغيثِ Fleas والقملِ Lice والعَلَقِ Leeches والبعوضِ Mosquitoes، **والطفيلياتُ الداخليةُ Endoparasites** التي تعيشُ داخلَ جسمِ العائلِ، كالبكتيريا المسببةِ للمرضِ والطلائعياتِ كطفيلياتِ الملاريا والديدانِ الشريطية. يمكنُ للطفيلياتِ أن تؤثِّرَ في آنٍ واحدٍ سلبًا وبشدةٍ في صحةِ العائلِ وتكاثرِه.



نشاطٌ عمليٌّ سريع

تحليلُ الافتراس

المواد خيطٌ أبيضُ طولُه 4.1m، 4 أوتاد، 40 من عيدانٍ ملوَّنةٍ لتنظيفِ الأسنان، ساعةُ توقيت، مسطرةٌ مترية.

الإجراء

1. حدِّدْ مساحةَ $1m^2$ في منطقةٍ عشبيةٍ مستخدمًا الخيطَ والأوتاد.
2. يبعثرُ أحدُ زملائكَ عيدانَ تنظيفِ الأسنانِ عشوائيًّا فوق سطحِ المربَّع. ويُعطى زميلٌ آخرُ فترةَ دقيقةٍ واحدةٍ ليلتقطَ أكبرَ عددٍ منها، واحدًا واحدًا. أعِدْ هذا الإجراءَ حتى ينفِّذَ كلُّ فريقٍ خمسَ محاولات.
3. دوِّنْ نتائجَ فريقكَ في جدولِ بيانات.

التحليل ما لونُ عيدانِ تنظيفِ الأسنانِ التي غلبَ التقاطُها، ما لونُ العيدانِ التي قلَّ التقاطُها؟ ما تفسيرُكَ لهذا الاختلافِ في العدد؟

التنافس

يَنتجُ **التنافسُ Competition** من استخدامِ نوعينِ متنافسينِ أو أكثرَ من الكائناتِ الحيةِ في الآن ذاتِه موردًا محدودًا واحدًا. تطلقُ بعضُ أنواعِ الكائناتِ الحيةِ السمومَ في التربةِ فتمنعُ بذلك أفرادًا من نوعٍ آخرَ من الكائناتِ الحيةِ من أن تستفيدَ بفاعليةٍ كبرى من موردٍ معيَّن، لكنها تتركُ في متناوَلِها قسمًا قليلاً من الموردِ.

يعتمدُ علماءُ البيئةِ على مبدأِ **الإقصاءِ التنافسيِّ Competitive exclusion** لوصفِ الحالاتِ التي يتمُّ فيها إقصاءُ نوعٍ من الكائناتِ الحيةِ في مجتمعٍ أحيائيٍّ، بسببِ التنافسِ على الموردِ المحدودِ عينِه.

التنافسُ وتركيبُ المجتمعِ الأحيائيّ

يُعدُّ التنافسُ مؤثِّرًا مهمًّا في طبيعةِ المجتمعِ الأحيائيّ. يمكنُ أن يتغيّرَ تكوينُ المجتمعِ الأحيائيِّ المتنافسِ عن طريقِ الإقصاءِ التنافسيّ، كما يمكنُ للمجتمعاتِ المتنافسةِ أن تُحدثَ تغييراتٍ في النمطِ الحياتيّ، واختلافاتٍ في التركيبِ التشريحيِّ، تخففُ من حِدَّةِ التنافس.

يميلُ التنافسُ إلى أن يكونَ على أشدِّهِ بين أنواعِ الكائناتِ الحيةِ الوثيقةِ التقاربِ التي تتطلبُ المواردَ ذاتَها. عندما تتواجدُ معًا أنواعٌ من الكائناتِ الحيةِ المتماثلةِ يستخدمُ كلُّ نوعٍ منها جزءًا محدودًا من المواردِ المتيسرةِ. يُسمى نمطُ استخدامِ المواردِ هذا **تقاسمَ الموارد Resource partitioning**. خذْ مثلاً ثلاثةَ أنواعٍ من العصافيرِ المغرِّدةِ Warblers التي تعيشُ على أشجارِ البيسيةِ Spruce والتنوبِ Fir وتقتاتُ بالحشرات. اكتشف عالِمُ البيئةِ روبرت ماك آرثر أن العصافيرَ المغرِّدة تختلفُ تبعًا للأماكنِ التي تجدُ فيها الطعام. فكلُّ صنفٍ من العصافيرِ المغرِّدةِ يصطادُ الحشراتِ في قسمٍ معيَّنٍ فقط من الشجرة. بنتيجةِ ذلك ينخفضُ التنافسُ بين أنواعِ الكائناتِ الحية.



(أ) قرادة



(ب) دودةٌ شريطية

الشكل 7-4

القُرادةُ في (أ) هي من الطفيليات الخارجية. يمكنُها أن تصيبَ عائلَها بالمرض وأحيانًا تقتُلُهُ بهذا المرض. الدودةُ الشريطيةُ، وهي طفيليةٌ داخليةٌ مبيَّنةٌ في (ب) تستطيعُ أن تنموَ حتى بلوغِ 20 m أو أكثرَ، وأن تُفضي إلى المرض والموت، لتسبُّبِها في انسدادٍ معويّ وسلبِ العائل الموادَّ التي تغذّيه.

تبادلُ المنفعةِ والتعايش

تبادلُ المنفعةِ Mutualism هو العلاقةُ التعاونيةُ التي يستمدُّ من خلالِها نوعانِ من الكائناتِ الحيةِ بعضَ المنافع. بعضُ علاقاتِ تبادلِ المنفعةِ وثيقةٌ جدًّا، إلى درجةٍ لا يستطيعُ معها نوعٌ من الكائناتِ الحيةِ البقاءَ على قيدِ الحياةِ دونَ الآخر. مثالُ ذلك النملُ وشجيرةٌ صغيرةٌ تُسمى سنْطَ قرنِ الثور Bull's horn acacia. يبني النملُ أوكارَهَ داخلَ الأشواكِ الكبيرةِ للسَّنْطِ ويحصلُ على غذائِهِ من النبتة. يحمي النملُ السنطَ من أن تأكله آكِلةُ الأعشاب، ويشذِّبُ الغطاءَ النباتيَّ الذي يظللُ الشجرة.

من أكثرِ علاقاتِ تبادلِ المنفعةِ أهميةً على الأرضِ التلقيحُ Pollination. فالحيواناتُ، كالنحلِ والفراشِ والذبابِ والخنافسِ والخفافيشِ والطيور، تلقِّحُ العديدَ

من النباتاتِ الزهرية. النبتةُ تزوِّدُ، عادةً، **الملقِّحَ Pollinator** بالغذاء. وفيما هو يقتاتُ من داخلِ الزهرةِ، يلتقطُ كمِّيةً من حبوبِ اللقاحِ Pollen grains ويحملُها إلى الزهرةِ التاليةِ التي يزورُها، وتكونُ من النوعِ نفسِه، كما يظهرُ في الشكلِ 7-5.

التعايشُ Commensalism، هو تفاعلٌ ينتفعُ به نوعٌ من الكائناتِ الحيّة، فيما لا يتأثرُ به النوعُ الآخر. من أمثلةِ التعايشِ العلاقةُ بين طائرِ البلشونِ الأبيضِ Cattle egrets وجاموسِ الكاب Cape buffalo في تنزانيا. يقتاتُ الطيرُ بالحيواناتِ الصغيرةِ كالحشراتِ والسَّحالي التي يُرغِمُها تحركُ الجاموسِ بين الأعشابِ على الخروجِ من مخابئِها.



الشكل 7-5

تنشطُ بعضُ الخفافيشِ في الليلِ وتحددُ موقعَ قوتِها عن طريقِ السمعِ والشمِّ بدلاً من النظر. الأزهارُ التي يتمُّ تلقيحُها عن طريقِ الخفافيشِ التي تتغذى من الرحيقِ ليست بحاجةٍ لأن تكونَ ذاتَ ألوانٍ صارخة. غيرَ أن لديها، في العادة، أريجًا قويًا. ففيما يقتاتُ الخفاشُ برحيقِ الزهرة، تعلقُ حبوبُ اللقاحِ به، كما هو مبيّنٌ في الصورة، فيحملُها إلى الزهرةِ التاليةِ التي يقتاتُ منها.

مراجعةُ القسم 7-1

1. اشرحْ كيفيةَ اختلافِ الكائناتِ الحيةِ المفترسةِ عن الكائناتِ الطفيلية. أعطِ مثلاً على كلِّ نوعٍ من هذه الكائناتِ الحية.
2. بعضُ الذبابِ غيرِ المؤذي يحاكي النحلَ والدَّبابير. ما اسمُ هذه الآليّة؟ قيّمْ أهميتها كآليّةٍ للدفاع.
3. صفْ دفاعين كيميائيين لدى النبات.
4. لو أن طيورَ البلشونِ الأبيضِ نزعتِ القرادةَ عن جاموسِ الكاب، هل تظلُّ العلاقةُ بينهما تعايشا؟ اشرحْ إجابتك.
5. ما الإقصاءُ التنافسيُّ؟
6. **تفكيرٌ ناقد** اشرحْ كيف يمكنُ لنوعين من الطيورِ المتشابهةِ أن يقطُنا المنطقةَ الواحدة، وأن يعيشا في الشجرةِ نفسِها، دونَ أن يكونَ لهما النمطُ الحياتيُّ نفسُه.

القسم

2-7

النواتجُ التعليمية

▲ يشرحُ الفرقَ بين الوفرةِ في أنواعِ الكائناتِ الحيةِ وبين التنوّعِ في أنواعِ الكائناتِ الحية.

● يصفُ كيف تتغيّرُ الوفرةُ في أنواعِ الكائناتِ الحيةِ وفقًا لخطوطِ العرض، ويشرحُ فَرَضيةً لهذا النمط.

■ يشرحُ الأسبابَ والنتائجَ لأثرِ العلاقةِ بين نوعٍ من الكائناتِ الحيّةِ ومنطقةٍ معيّنة.

◆ يشرحُ وجهتَي النظرِ الرئيستين الخاصتينِ بالعلاقةِ بين الوفرةِ في أنواعِ الكائناتِ الحيةِ والاستقرار.

خصائصُ المجتمعِ الأحيائيّ

يشكّلُ الاستقصاءُ عن خصائصِ المجتمعِ الأحيائيِّ والتفاعلاتِ البيئيةِ نطاقًا ناشطًا في علمِ البيئة. فما الخصائصُ الأكثرُ أهميةً في بناءِ المجتمعِ الأحيائيّ؟ ما الذي يحدّدُ الوفرةَ في أنواعِ الكائناتِ الحيّة؟ أسئلةٌ كهذينِ السؤالينِ تُعتبرُ ذاتَ أهميةٍ مركزيةٍ في دراسةِ المجتمعاتِ الأحيائية.

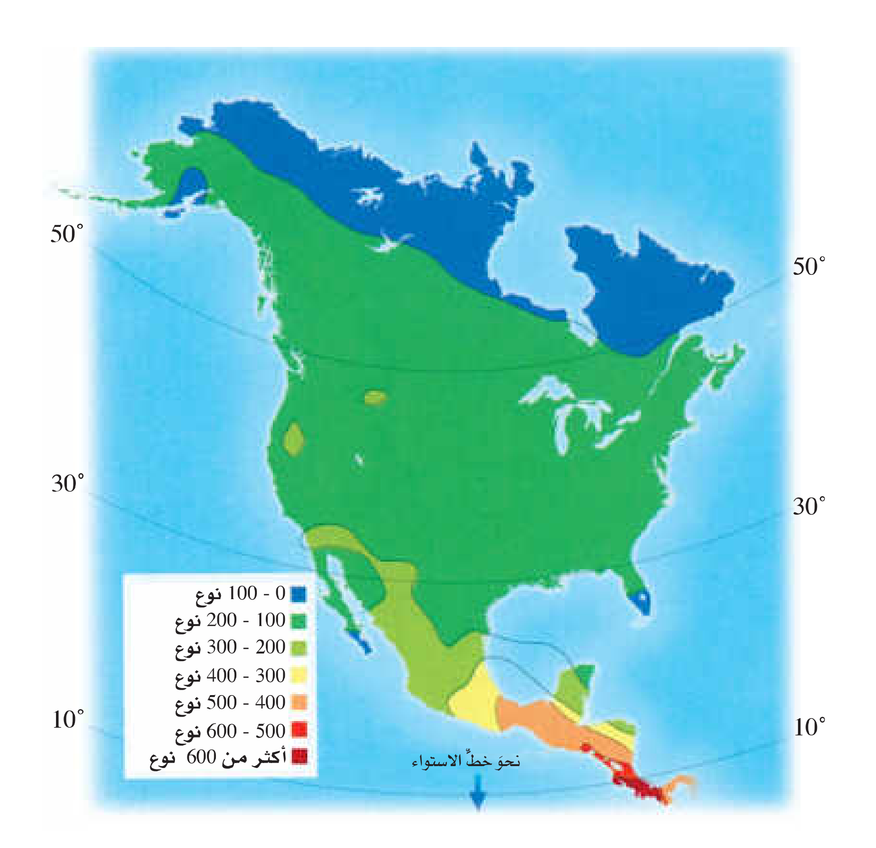
الوفرةُ في أنواعِ الكائناتِ الحيّةِ والتنوع

من خصائصِ المجتمعِ الأحيائيِّ **الوفرةُ في أنواعِ الكائناتِ الحية Species richness**، أيّ عددُ أنواعِ الكائناتِ الحية التي تنتمي إليه. وتقاسُ الوفرةُ بمدى **التنوّعِ في أنواعِ الكائناتِ الحية Species diversity**، ما يربطُ بين عددِ الأنواعِ في المجتمعِ الأحيائيِّ والوفرةِ في كلِّ نوعٍ منها. الوفرةُ في أنواعِ الكائناتِ الحيةِ هي عددُ الأنواعِ في المجتمعِ الأحيائيّ، بينما يوحي تنوُّعُ الكائناتِ الحيّةِ بأهميةِ كلِّ نوع، لأنه يؤخذُ في الحسبانِ مدى الشيوعِ لكلِّ نوعٍ ضمنَ المجتمعِ الأحيائي.

أنماطُ الوفرةِ في أنواعِ الكائناتِ الحيّة

تتغيرُ الوفرةُ في أنواعِ الكائناتِ الحيةِ وفقًا لخطوطِ العرض (والبعدِ عن خطِّ الاستواء). وكقاعدةٍ عامةٍ كلما دنا المجتمعُ الأحيائيُّ من خطِّ الاستواءِ، اشتملَ على أنواعٍ أكثرَ من الكائناتِ الحية. وأعظمُ وفرةٍ في أنواعِ الكائناتِ الحيةِ توجدُ في منطقةِ الغاباتِ المطيرةِ الاستوائية.

لماذا يفوقُ عددُ أنواعِ الكائناتِ الحيةِ في المناطقِ الاستوائيةِ عددَ أمثالِها في المناطقِ ذاتِ المناخِ المعتدل؟ إحدى الفرضياتِ تقولُ إن المَواطنَ البيئيةَ ذاتَ المناخِ المعتدلِ أحدثُ تكوينًا، وتدّعي أنها تكونتْ منذُ العصرِ الجليديِّ الأخير. والمَواطنُ البيئيةُ الاستوائيةُ لم تتأثرْ سلبًا بالعصورِ الجليديةِ، بعكسِ المواطنِ البيئيةِ الأبعدِ شمالاً من حيثُ خطوطُ العرض. والمناخُ كذلك يكونُ أكثرَ استقرارًا في المناطقِ الاستوائية. فسمحَ هذا الاستقرارُ لأنواعِ الكائناتِ الحيةِ بالتخصصِ بدرجةٍ أكبرَ مما تستطيعُهُ في المناطقِ ذاتِ المناخِ المعتدل، حيث المناخُ هنا أكثرُ تغيرًا. وتوحي فرضيةٌ أخرى أنه، بسببِ إمكانيةِ تنفيذِ النباتِ للبناءِ الضوئيِّ على مدارِ السنةِ في المنطقةِ الاستوائيةِ، تتوفرُ كميةٌ أكبرُ من الطاقةِ التي تساعدُ في دعمِ المزيدِ من الكائناتِ الحية. ويرجَّحُ أن التنوعَ الكبيرَ في الكائناتِ الحيةِ في المناطقِ الاستوائيةِ هو نتيجةٌ لبضعةِ عواملَ تعملُ مجتمعة، وهو ما يشيرُ إليهِ الشكلُ 7-6.



الشكل 7-6

خريطةُ الوفرةِ في أنواعِ الطيورِ في أميركا الشماليةِ وأميركا الوسطى تبيّنُ أن أقلَّ من 100 نوعٍ من الطيورِ الحيّةِ تسكنُ في المناطقِ القطبيةِ الشماليةِ، فيما يحتلُّ أكثرُ من 600 نوعٍ من الطيورِ بعضَ المناطقِ الاستوائيةِ. وهذا دليلٌ على أن الوفرةَ في أنواعِ الكائناتِ الحيّةِ تزدادُ في المناطقِ الأقربِ إلى خطِّ الاستواءِ. إن الغاباتِ المطيرةَ الاستوائيةَ هي أغنى المواطنِ البيئيةِ على الأرضِ من الناحيةِ الأحيائيةِ.

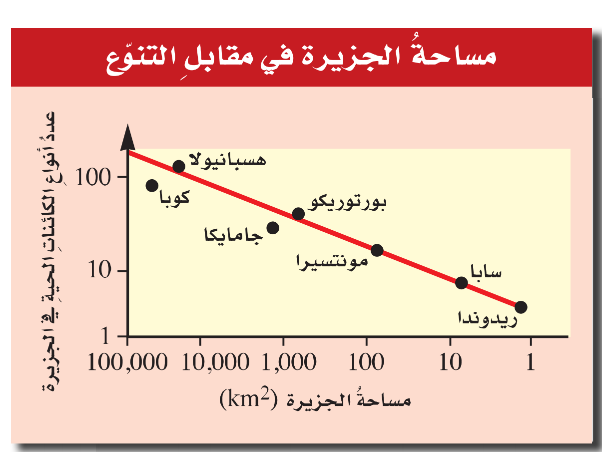
أثرُ المنطقةِ في أنواعِ الكائناتِ الحيّةِ

يوجدُ نمطٌ آخرُ للوفرةِ في أنواعِ الكائناتِ الحيةِ هو أن المناطقَ الكبرى تحتوي من أنواعِ الكائناتِ الحيةِ أكثرَ من المناطقِ الصغرى. هذه العلاقةُ تُسمّى **أثرَ علاقةِ المنطقةِ في أنواعِ الكائناتِ الحيةِ Species-area effect**. وغالبًا ما ينطبقُ هذا النمطُ على الجزرِ ذاتِ المنطقةِ المحددةِ جغرافيًّا بكلِّ وضوحٍ. مثلاً، يعيشُ على الجزرِ الكبيرةِ من جزرِ الكاريبي Caribbean islands، مثلِ كوبا Cuba، أنواعٌ من الزواحفِ والبرمائياتِ أكثرُ مما يعيشُ منها على الجزرِ الصغيرةِ مثلِ ريدوندا Redonda، كما يظهرُ في الشكل 7-7. وبما أن هذه الجزرَ تقعُ كلُّها قربَ بعضِها، فإنه لا يمكنُ أن يعودَ اختلافُ الوفرةِ في أنواعِ الكائناتِ الحيةِ إلى اختلافٍ في خطوطِ العرضِ. لماذا تزدادُ الوفرةُ في أنواعِ الكائناتِ الحيةِ مع اتساعِ المنطقةِ؟ تتصفُ، عادةً، المناطقُ الأوسعُ بتنوعٍ في المواطنِ البيئيةِ أكبرَ، فيمكّنُها ذلك من توفيرِ الحياةِ لعددٍ أكبرَ من أنواعِ الكائناتِ الحيّةِ.

أثرُ المنطقةِ في الأنواعِ له نتيجةٌ عمليةٌ واحدةٌ هي في غايةِ الأهميةِ، ملخّصُها أن تضاؤلَ الموطنِ يُخفضُ عددَ أنواعِ الكائناتِ الحيةِ التي يؤمّنُ لها الحياةَ. حاليًّا تتقلصُ المواطنُ البيئيةُ الطبيعيةُ بسرعةٍ تحتَ ضغطِ تزايدِ الجماعةِ الأحيائيةِ للإنسانِ التي تنمو باستمرارٍ. مثلاً يتمُّ سنويًّا تدميرُ حوالي 2% من الغاباتِ المطيرةِ الاستوائيةِ في العالمِ. والنتيجةُ المحتومةُ لتدميرِ الموطنِ البيئيِّ هي انقراضُ أنواعٍ من الكائناتِ الحيةِ.

الشكل 7-7

يوجدُ في الجزرِ الكبرى مثلِ كوبا وهيسبانيولا، كما يظهرُ في الرسمِ البياني، 100 نوعٍ من أنواعِ الكائناتِ الحيةِ (الزواحفِ والبرمائياتِ). بينما يوجدُ في الجزرِ الصغيرةِ مثلِ ريدوندا، حواليْ خمسةِ أنواعٍ من الزواحفِ والبرمائياتِ. يزدادُ تنوعُ الكائناتِ الحيةِ بصورةٍ عامةٍ عندما تتسعُ مساحةُ الموطنِ البيئيِّ. يظلُّ هذا المبدأُ صحيحًا حتى لو كانت حدودُ المنطقةِ مكوّنةً من شواطئَ كما في الجزرِ، أو قامَ تعدٍّ من الجماعاتِ الأحيائيةِ للإنسانِ على منطقةٍ طبيعيةٍ ببناءِ المساكنِ فيها.



التفاعلاتُ بين أنواعِ الكائناتِ الحيةِ ووفرتِها

في بعضِ الأحيانِ، تعزِّزُ التفاعلاتُ بين أنواعِ الكائناتِ الحيةِ الوفرةَ في أنواعِها. وقد برهنتْ عدةُ دراساتٍ أنه يمكنُ للكائناتِ الحيّةِ المفترسةِ أن تمنعَ حدوثَ الإقصاءِ التنافسيِّ بين فرائسِها. ففي ستينيّاتِ القرنِ العشرين، بيَّنَ روبرت بين Robert Paine أهميةَ نجمِ البحرِ *Pisaster*، الظاهرِ في الشكل 7-8، في الحفاظِ على الوفرةِ في أنواعِ الكائناتِ الحيةِ للمجموعاتِ عند شاطئِ واشنطن. أزالَ «بين» جميعَ أفرادِ نجمِ البحرِ من موقعٍ واحدٍ، ولعدةِ سنوات، ومنعَ أيَّ أفرادٍ جددٍ من نجمِ البحرِ من الاستيطانِ هناك. تسببَ هذا التغييرُ في تحولٍ خطيرٍ في المجتمعِ الأحيائي. أصبحتْ صدفيةُ بلحِ البحرِ *Mytilus*، التي كانت سابقًا تتواجدُ مع العديدِ من أنواعِ الكائناتِ الحيةِ الأخرى، أكثرَ وفرةً وانتشرتْ فوقَ الموطنِ البيئيِّ، وقَلَّصتْ من عددِ أنواعِ كائناتٍ حيةٍ أخرى. فقد هبطتِ الوفرةُ في أنواعِ الكائناتِ الحيةِ في المجتمعِ الأحيائي من 51 نوعًا إلى 8 أنواعٍ خلالَ فترةِ الدراسة. ومن البديهيِّ أنّ كانت صدفيةُ بلحِ البحرِ المنافسَ الأهمَّ على صعيدِ المكانِ عند الصخور، غيرَ أن جماعتَها الأحيائيةَ كانت خاضعةً بصورةٍ طبيعيةٍ للمراقبةِ عن طريقِ الافتراسِ المسلطِ عليها من قبلِ نجمِ البحر.



الشكل 7-8
عندما أزيلَ نجمُ البحرِ ***Pisaster*** من المنطقةِ التي كانت نجومُ البحرِ تفترسُ فيها بلحَ البحرِ ***Mytilus***، استطاعَ بلحُ البحرِ أن يخففَ من اكتظاظِ العديدِ من أنواعِ الكائناتِ المنافسةِ الأخرى الموجودةِ في المنطقةِ ذاتها. إنّ افتراسَ نجمِ البحرِ لصدفياتِ بلحِ البحرِ عززَ التنوعَ عبرَ التحكمِ بالمنافسِ الأكبرِ المتمثّلِ في هذه الصدفيات.

استقرارُ المجتمعِ الأحيائيّ

إحدى أهمِّ ميزاتِ المجتمعِ الأحيائيِّ هي كيفيةُ استجابتِهِ لحدوثِ خلل. يشيرُ **استقرارُ** المجتمعِ الأحيائيِّ **Stability** إلى مقاومتِهِ لتغيُّرٍ معيَّن. فقد توافَقَ معظمُ علماءِ البيئةِ، ولعدةِ سنوات، على أن الاستقرارَ كان مرتبطًا بصورةٍ مباشرةٍ بالوفرةِ في أنواعِ الكائناتِ الحية. وقد افترضوا أن المجتمعاتِ الأحيائيةَ التي تشتملُ على عددٍ أكبرَ من أنواعِ الكائناتِ الحيةِ ستكونُ فيها حلقاتُ الربطِ بين تلك الأنواعِ أكثر. يمكنُ لهذه الحلقاتِ، نوعًا ما، أن تشتّتَ آثارَ الخلل، وتمنعَ حدوثَ إخلالٍ في المجتمعِ الأحيائيّ. أحدُ أنواعِ الأدلةِ التي يُستشهَدُ بها لدعمِ هذا الرأيِ كانَ الضعفَ في قدرةِ الحقولِ الزراعيةِ، التي تحتوي في العادةِ على نوعٍ واحدٍ من النبات، على مقاومةِ الحشراتِ الضارّة.

مراجعةُ القسم 2-7

1. ما الفرقُ بين الوفرةِ في أنواعِ الكائناتِ الحيةِ والتنوُّع؟
2. اشرحِ العلاقةَ بين الوفرةِ في أنواعِ الكائناتِ الحيةِ وخطوطِ العرض.
3. لماذا يُعتبرُ أثرُ المنطقةِ في الأنواعِ مهمًّا للحفاظِ على نوعٍ من الكائناتِ الحية؟
4. كيف يمكنُ للافتراسِ أن يؤثِّرَ في الوفرةِ في أنواعِ الكائناتِ الحية.
5. كيف تساهمُ الوفرةُ في أنواعِ الكائناتِ الحيّةِ في استقرارِ المجتمعِ الأحيائيّ؟
6. **تفكيرٌ ناقد** اشرحْ كيف يدعمُ مَثَلُ الحقولِ الزراعيةِ الفكرةَ القائلةَ بأنّ الوفرةَ في أنواعِ الكائناتِ الحيّةِ تعزّزُ الاستقرار.

التعاقب

تُطلِقُ الإخلالاتُ المختلفةُ (الحرائقُ والانزلاقاتُ الأرضيةُ والأعاصيرُ والفيضاناتُ وغيرُها) سلسلةً من التغيراتِ في تركيبِ أحد المجتمعاتِ الأحيائية. تزدهرُ بعضُ أنواعِ الكائناتِ الحيةِ بعد الإخلالِ مباشرةً، ثم تحلُّ محلَّها أنواعٌ أخرى، وهذه بدورِها تُستبدَلُ بها أنواعٌ ثالثة. ومع الوقتِ، يتبدَّلُ شيئًا فشيئًا تركيبُ المجتمعِ الأحيائيّ.

القســـم

3-7

النواتجُ التعليمية

▲ يميّزُ بين التعاقبِ الأوّليِّ والتعاقبِ الثانويّ.

● يحدِّدُ بعضَ ميزاتِ أنواعِ الكائناتِ الحيةِ الرائدة.

■ يصفُ سلسلةَ التغيراتِ التي حدثتْ في خليجِ جلاسيير.

◆ يشرحُ التغيراتِ التعاقبيةَ التي يمكنُ أن تحدثَ عندما يحدثُ الإخلالُ في مجتمعٍ أحيائيٍّ قائم.

التغيراتُ التعاقبيةُ في المجتمعِ الأحيائيّ

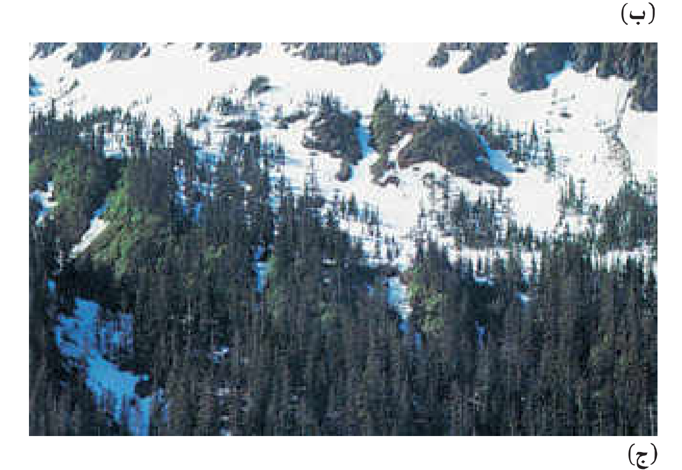
إن عودةَ النموِّ التدريجيِّ التسلسليِّ لنوعٍ من الكائناتِ الحيةِ في منطقةٍ معيَّنةٍ يُسمّى **التعاقب Succession**. في إمكانك أن ترى المراحلَ الأولى للتعاقبِ في الحقولِ المهجورة، وحتى على الأرصفةِ أو في الباحاتِ المخصَّصةِ لوقوفِ السياراتِ حيث تنبتُ الأعشابُ الضارةُ من خلالِ الشقوقِ في الخرسانة.

يَلْحظُ علماءُ البيئةِ نوعينِ من التعاقب. أحدُهما **التعاقبُ الأوَّليّ Primary succession** وهو تطوُّرُ مجتمعٍ أحيائيٍّ في منطقةٍ لم تكنْ فيها حياةٌ من قَبْل، كصخرٍ عارٍ وكثيبٍ رمليٍّ أو جزيرةٍ تكونتْ إثرَ انفجارٍ بركانيّ. والثاني هو **التعاقبُ الثانويّ Secondary succession** وهو الاستبدالُ التسلسليُّ لنوعٍ من الكائناتِ الحيةِ، ويلي الاستبدالُ التسلسليُّ حدوثَ إخلالٍ في مجتمعٍ أحيائيٍّ موجودٍ أصلاً. يمكنُ أن ينشأَ الإخلالُ عن كارثةٍ طبيعيةٍ مثلِ حريقٍ في غابةٍ أو عاصفةٍ هوجاء، أو عن نشاطٍ يقومُ به الإنسانُ كالزراعةِ وقطعِ الأخشابِ الحرجيةِ والتعدين.

فأيُّ موطنٍ بيئيٍّ جديدٍ، سواءٌ أكانَ بركةً خلَّفتْها أمطارٌ غزيرةٌ، أم حقلاً حديثَ الفلاحة، أو طبقةً صخريةً تَعَرَّتْ حديثًا، هو بمثابةِ دعوةٍ للعديدِ من أنواعِ الكائناتِ الحيةِ المتكيفةِ لتصبحَ كائناتٍ حيةً رائدةً جيدة. أنواعُ الكائناتِ الحيةِ التي تسودُ في المراحلِ الأولى للتعاقبِ، وتُسمّى **أنواعَ الكائناتِ الحيةِ الرائدة Pioneer species**، تكونُ صغيرةَ الحجمِ وسريعةَ النموِّ والتكاثرِ في الغالب. إن أنواعَ الكائناتِ الحيةِ الرائدةَ، تتلاءمُ بصورةٍ جيدةٍ مع غزوِها واحتلالِها موطنًا بيئيًا كانَ، في ماسبق، عرضةً لإخلالٍ ما.




(أ)



(ب)

(ج)

الشكل 7-9

يَدرسُ علماءُ البيئةِ عمليةَ التعاقبِ الأوليِّ عن طريقِ تفحصِ مناطقَ متنوعةٍ في مراحلَ تعاقبيةٍ مختلفة. أُخذتْ هذه الصورُ من مواقعَ مختلفةٍ من خليجِ جلاسيير Glacier Bay في ألاسكا؛ إن التغيراتِ التي تُظهرُها الدراساتُ يستغرقُ حدوثُها حوالي 200 سنة. تَظهرُ في (أ) صخورٌ متفتتةٌ عاريةٌ بقيتْ في الموقعِ الذي تراجعَ عنه النهرُ الجليديّ. تظهرُ في (ب) أولى مراحلِ التعاقبِ التي تنمو خلالَها في الموقعِ النباتاتُ الصغيرةُ والشجيرات. تظهرُ في (ج) غابةٌ مكتملةُ النموّ، وهي تمثلُ مرحلةَ تعاقبٍ أخيرة.

التعاقبُ الأوليّ

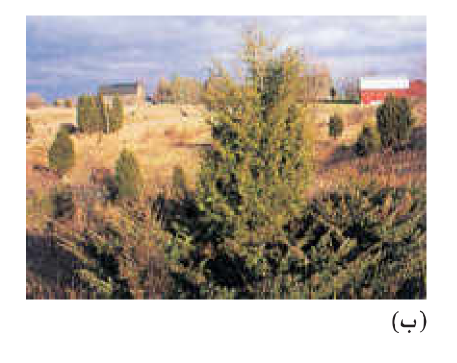
غالبًا ما يحدثُ التعاقبُ الأوليُّ ببطءٍ شديدٍ، لعدمِ توفرِ المعادنِ الضروريةِ لنموِّ النبات. فعلى سبيلِ المثال، عندما تراجعتِ الأنهارُ الجليديةُ في شرقيِّ كندا، منذُ حوالي 12,000 سنة، خلَّفتْ وراءَها نطاقًا ضخمًا من الطبقةِ الصخريةِ القاحلةِ التي أُزيلتْ عنها جميعُ الأتربة. هذه التكويناتُ الجيولوجيةُ التي تُسمى الدرعَ الكنديَّ Canadian Shield كانت بمثابةِ مكانٍ لم تستطعِ النباتاتُ ولا معظمُ الحيواناتِ أن تعيشَ فيه. إن تكرارَ التجمدِ والذوبانِ فتَّتَ الصخورَ إلى أجزاءٍ أصغر، ومع الوقتِ استعمرتِ الصخرَ القاحلَ الأشناتُ Lichens، وهي فطرياتٌ وطحالبُ أو فطرياتٌ وطحالبُ خضراءُ مزرقّةٌ Cyanobacteria، ذاتُ تبادلٍ منفعيّ. أدتِ الأحماضُ الموجودةُ في الأشناتِ، وكذلك المطرُ الحمضيُّ، إلى انتزاعِ المعادنِ المغذِّيةِ من الصخرِ، ثم بدأت أخيرًا الموادُّ العضويةُ الميتةُ الناتجةُ من الأشناتِ المتحللة، والمعادنُ الناتجةُ من الصخور، تكوِّنُ طبقةً رقيقةً من الترابِ استطاعتْ بعضُ النباتاتِ الشبيهةِ بالأعشابِ أن تنموَ عليها. بعدئذٍ ماتتْ هذه النباتاتُ وأدَّتْ موادُّها المتحللةُ إلى إضافةِ المزيدِ من الموادِّ العضويةِ إلى التربة. بعدَها بقليل، بدأتْ تنمو شجيراتٌ صغيرة، ثم ظهرتِ الأشجار. أما حاليًّا، فهناك قسمٌ كبيرٌ من الدرعِ الكنديِّ مأهولٌ بكثافة، بأشجارِ الصنوبرِ والبلسمِ والتنُّوبِ التي تعلقُ جذورُها في التربةِ التي لا يتجاوزُ عمقُها في بعضِ المناطقِ بضعةَ سنتيمترات. ولدينا سلسلةٌ من التغيراتِ مشابهةٌ حدثتْ في خليجِ جلاسيير في ألاسكا، وُضِعتْ عنها دراساتٌ موثَّقة، وهي مبيَّنةٌ في الشكل 7-9.

التعاقبُ الثانويّ

يحدثُ التعاقبُ الثانويُّ حيث يكونُ مجمعٌ أحيائيٌّ قد أُزيلَ بفعل إخلالٍ معيَّن كالزراعة، دونَ المَساسِ بالتربة. في التعاقبِ الثانويِّ، يستغرقُ النظامُ البيئيُّ الأصليُّ، عادةً، حوالَيْ 100 سنةٍ ليعودَ ويتجددَ خلالَ سلسلةٍ من المراحلِ المحدَّدةِ بدقة. في المناطقِ الشرقيةِ المعتدلةِ، يبدأُ التعاقبُ الثانويُّ نموذجيًّا بالأعشابِ السنويةِ ونباتاتِ الخردلِ والهندباءِ البرية. ثم يتتابعُ بالأعشابِ المعمَّرةِ والشجيراتِ والأشجار، وغالبًا ما يتواصلُ بغاباتٍ نَفْضية، كما يظهرُ في الشكل 7-10.



(أ)



(ب)



(ج)

الشكل 7-10

في (أ) حقلٌ زراعيٌّ هُجِرَ حديثًا فحلَتْ فيه أعشابٌ ضارَّةٌ رائدة. وبعدها نباتاتٌ أكثرُ طولاً وشجيراتٌ تظلِّلُ تلك الكائناتِ الرائدةَ كما يظهرُ في (ب). بعد ذلك، يمكنُ لغابةِ صنوبرٍ أن تسبقَ غابةَ الأشجارِ ذاتِ الخشبِ القاسي. تستغرقُ العمليةُ بأكملِها حوالَيْ 100 سنة، ما لم تحدثْ إخلالاتٌ إضافية.

تعقيداتُ التعاقب

يتمثلُ التعاقبُ في المجتمعِ الأحيائيِّ بمرورهِ في مراحلَ متسلسلةٍ يمكنُ توقعُها إلى أن يبلُغَ مرحلةً نهائيةً مستقرة، تسمّى **المجتمعَ الأحيائيَّ الذروة Climax community**. تعدِّلُ الكائناتُ الحيةُ في كلِّ مرحلةِ المحيطَ الفيزيائيَّ بأساليبَ أقلَّ ملاءمةً لبقائِها حية، لكنها أساليبُ أكثرُ ملاءمةً للكائناتِ الحيةِ التي تعقبُها في نهايةِ الأمر. بمعنًى آخر، كلُّ مرحلة تمهِّدُ الطريقَ للمرحلةِ التالية، لتؤدِّيَ في النهايةِ إلى المجتمعِ الأحيائيِّ الذروةِ الذي يظلُّ ثابتًا فترةً طويلةً من الزمن.

عندما بدأ علماءُ البيئةِ يدرسونَ ويوثقونَ عددًا من حالاتِ التعاقب، وجدوا الصورةَ معقدة. نظريًّا، يُفترض بالمجتمعاتِ الأحيائيّةِ التي وُصفَت بأنها مجتمعاتُ ذروة، أن تكون مستقرة. لكن في الواقع بعض هذه المجتمعات لا تكون كذلك، لأنها تخضع لاختلالٍ ما، كحدوث حريق مثلاً، وبالتالي تعود إلى نقطة البداية. فعلى سبيلِ المثال، يزولُ العديدُ من المساحاتِ العشبيةِ التي تحلُّ مكانَها الغاباتُ، لكن الحرائقَ الدوريةَ تمنعُها من النموّ. فيتوافقُ علماءُ البيئةِ على أن القولَ بأن هناك طريقًا تعاقبيًّا واحدًا ينتهي بمجتمعاتٍ أحيائيةٍ إلى ذروةٍ مستقرةٍ، هو وصفٌ فيه كثيرٌ من التبسيطِ لما يحدثُ حقيقةً في الطبيعة.

مراجعةُ القسم 7-3

1. ما الفرقُ بين التعاقبِ الأوليِّ والتعاقبِ الثانويّ؟
2. كيف تتكيَّفُ النباتاتُ التي نعتبرُها أعشابًا ضارة، كالرُّجيد Ragweed، بصورةٍ جيدة، بحيثُ تشكِّلُ نوعًا رائدًا من الكائناتِ الحية؟
3. حددْ إحدى النباتاتِ الأصليةِ التي استوطنتْ من خلالِ التعاقبِ في خليج جلاسيير ـ ألاسكا.
4. صفِ التعاقبَ الثانويَّ، وميِّزْ بين النوعِ الرائدِ من الكائناتِ الحيةِ وبين المجتمعِ الأحيائيِّ الذروة.
5. كيف تُغيِّرُ الحرائقُ المتكررةُ التعاقبَ في المجتمعِ الأحيائيّ؟
6. **تفكيرٌ ناقد** صفِ العمليةَ الجيولوجيةَ لتكوينِ التربة. اشرحْ أهميَّتها بالنسبةِ للتعاقب.

مراجعة الفصل 7

ملخص / مفردات

1-7

- يَلْحَظُ العلماءُ خمسة أصنافٍ رئيسةٍ من التفاعلاتِ المتداخلةِ بين أنواعِ الكائناتِ الحيةِ في المجتمعِ الأحيائيّ هي:الافتراسُ، والتطفلُ، والتنافسُ، وتبادلُ المنفعةِ، والتعايش.
- التفاعلاتُ المتداخلةُ التي تشملُ كائنًا حيًّا يقتلُ كائنًا حيًا آخرَ ثم يأكلُه هي عمليةُ الافتراس. طوَّرتِ الكائناتُ الحيةُ المفترسةُ أساليبَ عديدةً لإيجادِ الفريسةِ واقتناصِها بسرعة. وطورتِ الفرائسُ أساليبَ عديدةً لتدافعَ عن نفسِها ضدَّ الكائناتِ الحيةِ المفترسة.
- المحاكاةُ آليةُ دفاعٍ يؤمّنُ بها نوعٌ من الكائناتِ الحيةِ غيرِ المؤذيةِ حمايةً لنفسِهِ من خلالِ تقليدِ نوعٍ من الكائناتِ السامةِ أو البغيضة. وقد يتشابهُ، بالتقليدِ، نوعانِ أو أكثرُ من أنواعِ الكائناتِ الحيةِ السامةِ أو البغيضةِ لغايةِ الدفاع.
- يعني التطفلُ قيامَ كائنٍ حيٍّ واحدٍ بالتغذي على حسابِ كائنٍ آخرَ دون أن يقتلَهُ بالضرورة. تقسمُ الطفيلياتُ إلى فئتين عامّتين هما: الطفيلياتُ الخارجيةُ والطفيلياتُ الداخلية.
- يحدثُ التنافسُ عندما يستخدمُ نوعانِ أو أكثرُ من الكائناتِ الحيةِ الموردَ الضئيلَ نفسَه.
- يمكنُ للتنافسِ أن يسبِّبَ إقصاءً تنافسيًّا، وهو انقراضُ منافسٍ واحدٍ من فصائلِ المجتمعِ الأحيائيّ.
- في تبادلِ المنفعةِ، ينتفعُ نوعانِ من الكائناتِ الحيةِ معًا، ومن الأمثلةِ على ذلك العلاقةُ بين النباتاتِ الزهريةِ والكائناتِ الحيةِ التي تلقِّحُها.
- في التعايشِ يستفيدُ نوعٌ واحدٌ من الكائناتِ الحية، في حين لا يتأثرُ النوعُ الآخر.

مفردات

الإقصاءُ التنافسيّ Competitive exclusion (118)	التكافل Symbiosis (115)	الفريسة Prey (115)
تبادلُ المنفعة Mutualism (118)	التنافس Competition (118)	المحاكاة Mimicry (116)
التطفّل Parasitism (117)	الطفيليُّ الخارجيّ Ectoparasite (117)	المركّبُ الثانويّ Secondary compound (117)
التعايش Commensalism (119)	الطفيليُّ الداخليّ Endoparasite (117)	المفترس Predator (115)
تقاسمُ الموارد Resource partitioning (118)	العائل Host (117)	الملقِّح Pollinator (119)

2-7

- الوفرةُ في أنواعِ الكائناتِ الحيةِ هي كنايةٌ عن عددِ أنواعِ الكائناتِ الحيةِ في المجتمعِ الأحيائيّ.
- تنوّعُ أنواعِ الكائناتِ الحيةِ يشملُ، في آنٍ معًا، الوفرةَ في الأنواعِ وعددَ أفرادِ كلِّ نوعٍ منها.
- قاعدةٌ عامة: الوفرةُ في أنواعِ الكائناتِ الحيةِ هي الأكبرُ في جوارِ خطِّ الاستواء.
- في العادة، تؤمِّنُ المناطقُ الكبرى أكثرَ من سواها الحياةَ لأنواعٍ أكثرَ من الكائناتِ الحية. وهذا ما يُسمّى أثرَ المنطقةِ في أنواعِ الكائناتِ الحية.
- يمكنُ للتفاعلاتِ المتداخلةِ بين أنواعِ الكائناتِ الحيةِ كالافتراس، أن تعزِّزَ الوفرةَ في أنواعِ الكائناتِ الحية.
- تحسِّنُ الوفرةُ في أنواعِ الكائناتِ الحيّةِ من استقرارِ المجتمعِ الأحيائيّ.

مفردات

أثرُ المنطقةِ في أنواعِ الكائناتِ الحية Species-area effect (121)	التنوُّعُ في الكائناتِ الحيّة Species diversity (120)	الوفرةُ في أنواعِ الكائناتِ الحيّة Species richness (120)
الاستقرار Stability (122)		

3-7 ■ التعاقبُ هو تغيُّرٌ في تركيبِ أنواعِ الكائناتِ الحيّةِ ضمنَ مجتمعٍ أحيائيّ. والتعاقبُ الأوليُّ هو تركيبُ مجتمعٍ أحيائيٍّ في موطنٍ بيئيٍّ حديثِ التكوين. والتعاقبُ الثانويُّ هو تغيرٌ في تركيبِ مجتمعٍ أحيائيٍّ قائم، إثرَ إخلالٍ حدثَ فيه.

■ الكائناتُ الحيةُ الرائدةُ هي الكائناتُ الأولى المستوطنةُ في منطقةٍ حدثَ فيها إخلال. وهي في العادةِ كائناتٌ حيةٌ صغيرةٌ تنمو وتتكاثرُ بسرعة، وتنتشرُ بذورُها بصورةٍ جيدة.

■ بدأ التعاقبُ في خليجِ جلاسيير Glacier Bay من أطلالٍ عاريةٍ خلَّفها وراءهُ نهرٌ جليديٌّ متراجع. وكانتِ البدايةُ من خلالِ نباتاتٍ صغيرةٍ كالحزازياتِ ثم كان الحور، ثم أشجارُ التنُّوب، ثم أشجارُ الشوكران السامّ.

■ يحدثُ التعاقبُ الثانويُّ في المناطقِ التي يكونُ النظامُ البيئيُّ قد أُزيلَ منها نتيجةَ خللٍ معيَّن. يحدثُ مثلُ ذلك الخللِ لدى الاستصلاحِ الزراعيّ. تبدأُ عمليةُ التعاقبِ بالنباتاتِ التي تُعتبرُ ضارّةً عادةً، وتستمرُّ حتى نقطةٍ نهائيةٍ مستقرّةٍ تُسمى المجتمعَ الأحيائيَّ الذروة.

مفردات

التعاقبُ Succession (123)
التعاقبُ الأوليّ Primary succession (123)
التعاقبُ الثانويّ Secondary succession (123)
المجتمعُ الأحيائيُّ الذروة Climax community (125)
نوعُ الكائنِ الحيّ الرائد Pioneer species (123)

مراجعة

مفردات

1. بيِّنِ الفرقَ بين تبادلِ المنفعةِ والتعايش.
2. صفِ اقتسامَ المواردِ والتنافسَ، ووضّحِ الصلةَ بينهما.
3. ما الفرقُ بين الطفيلياتِ الخارجيةِ والطفيلياتِ الداخلية؟
4. ميِّزْ بين الوفرةِ في أنواعِ الكائناتِ الحيةِ وبين أثرِ علاقةِ المنطقةِ في الأنواع.

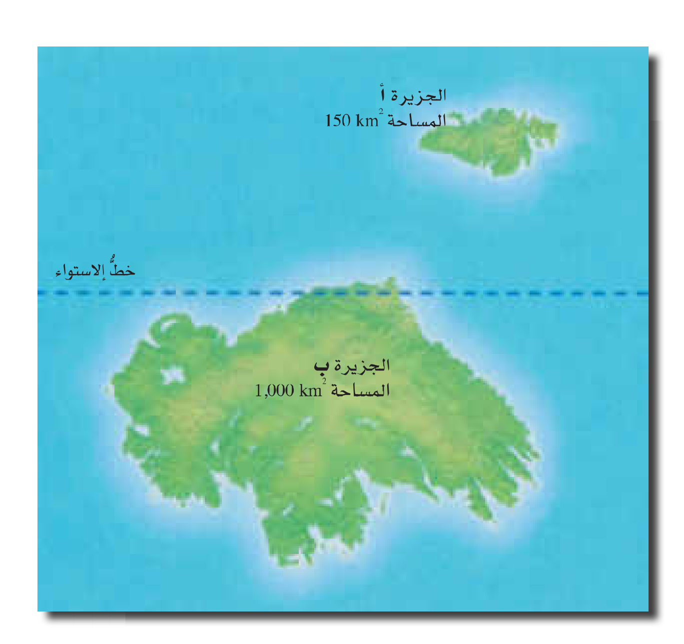
اختيارٌ من متعدد

5. في أيِّ التفاعلاتِ المتداخلةِ التاليةِ ينتفعُ النوعانِ من الكائناتِ الحيةِ في آن؟ (أ) التنافس (ب) الافتراس (ج) تبادلِ المنفعة (د) التعايش.
6. أيُّ الكائناتِ التاليةِ طفيليّ؟ (أ) الأسد (ب) القرادة (ج) الغزالُ (د) الثعبان.
7. أيُّ الخياراتِ التاليةِ ليس بمثابةِ دفاعٍ للنباتِ ضدَّ آكِلةِ الأعشاب؟
(أ) الأشواك (ب) الأوراقُ القاسية (ج) المركَّباتُ الثانوية (د) الليسوسومات.
8. أيُّ الخياراتِ التاليةِ هو الصحيحُ فيما يتعلقُ بالمحاكاة؟
(أ) سامٌّ وبغيض.
(ب) متطابقٌ مع نوعٍ من الكائناتِ الحيةِ السامّة.
(ج) شديدُ الشبهِ بنوعٍ من الكائناتِ الحيةِ السامّة.
(د) الثعبانُ المرجانيُّ مثلٌ عليه.
9. الوفرةُ في أنواعِ الكائناتِ الحيةِ (أ) تكونُ أكبرَ في الجزرِ الكبيرةِ ممّا هي في الجزرِ الصغيرة (ب) تكونُ الأدنى في المناطقِ الاستوائية (ج) تزدادُ عالميًّا (د) تكونُ أصغرَ في الجزرِ الصغيرةِ مما في الجزرِ الكبيرة.
10. في التجربةِ الخاصةِ بنجمِ البحرِ *Pisaster* وصدفيةِ بلحِ البحرِ *Mytilus* (أ) أدَّتْ إزالةُ صدفياتِ بلحِ البحرِ إلى ازديادِ نجمِ البحر (ب) أدّى إلغاءُ صدفياتِ بلحِ البحرِ مع الوقتِ إلى الوفرةِ في أنواعِ الكائناتِ الحيةِ للمجتمعِ الأحيائيِّ (ج) أدَّتْ إزالةُ نجمِ البحرِ إلى هبوطِ الوفرةِ في أنواعِ الكائناتِ الحيةِ (د) أدَّتْ إزالةُ نجمِ البحرِ إلى ازديادِ التنوعِ في أنواعِ الكائناتِ الحية.
11. يحدثُ التعاقبُ الأوليّ (أ) فوق صخورٍ عارية (ب) في موطنٍ بيئيٍّ أصابهُ خلل (ج) بعد حريقٍ في غابةٍ معيَّنة (د) على موقعٍ من الأرضِ اليابسةِ فقط.
12. السلوكُ الغذائيُّ للعصافيرِ المغردةِ هو مثالٌ على (أ) تراكبِ النمطِ الحياتيّ (ب) اقتسامِ الموارد (ج) تبادلِ المنفعة (د) عدمِ اقتسامِ الموارد.

13. أيٌّ من الاختياراتِ التاليةِ ليس بمثابةِ مركَّباتٍ ثانوية؟
(أ) كونُها قسمًا من آليةِ دفاعٍ.
(ب) احتمالُ أن تكونَ سامّةً وكريهةَ الطعم.
(ج) كونُها تخضعُ للأيض كغذاءٍ للنبات.
(د) كونُها جزءًا من المادةِ الضّارةِ التي ينتجُها الزنبقُ السامّ.

إجابةٌ قصيرة

14. اشرحْ تَكَيُّفين يُمَكِّنانِ الكائناتِ الحيّةَ من أن تكونَ كائناتٍ مفترسةً فعّالة.
15. ما المركَّباتُ الثانوية وما وظيفتُها؟ اذكرْ مثلين على المركَّباتِ الثانوية.
16. اشرحْ بعضَ الطرقِ التي يدافعُ بها جسمُكَ عن نفسِهِ ضدَّ الطفيليات.
17. ما المنافعُ التي يحصلُ عليها النملُ من خلالِ علاقتِهِ بنبتةِ سَنْطِ قرنِ الثور؟ ما المنافعُ التي تحصلُ عليها نبتةُ السَّنْطِ من النمل؟
18. تفحَّصْ خريطةَ الجزيرتينِ أدناه. أيُّ جزيرةٍ منهما سوف تضمُّ أنواعًا أكثرَ من النباتاتِ والحيوانات، الجزيرةُ **أ** أم الجزيرةُ **ب**؟ علِّلْ إجابتك.



تفكيرٌ ناقد

1. يَدْرُسُ العلماءُ مجتمعًا أحيائيًّا معيَّنًا، فلا يجدونَ أيَّ إثباتٍ على التنافسِ فيه. يستنتجُ العلماءُ أن التنافسَ لم يكنْ له أثرٌ في بيئةِ المجتمعِ الأحيائيّ. هل هذا الاستنتاجُ صالح؟ علِّلْ إجابتك.
2. يتمُّ تلقيحُ بعضِ النباتاتِ عن طريقِ ملقِّحٍ واحدٍ فقط. اشرحْ لماذا تكونُ هذه الخصوصيةُ لصالحِ النبات؟
3. اشرحْ لماذا يكونُ في العادةِ قياسُ تنوُّعِ الكائناتِ الحيّةِ لمجتمعٍ أحيائيٍّ أصعبَ من قياسِ الوفرةِ في أنواعِ الكائناتِ الحيةِ فيه.
4. تفحَّصْ رسمَ العصافيرِ المغرِّدةِ.



(أ) يظهرُ كلُّ عصفورٍ على قسمٍ من الشجرةِ حيث اعتادَ أن يعشّش. اشرحْ كيف تستطيعُ ثلاثةُ أنواعٍ من العصافيرِ المغرّدةِ القريبةِ الصلةِ أن تعيشَ سويًّا على الشجرةِ ذاتِها. ما الظاهرةُ التي يبيّنُها التواجدُ المشتركُ للعصافير؟

(ب) ماذا يمكنُ أن يحدثَ لو أن نوعًا واحدًا فقط من الحشراتِ سكنَ شجرةَ التنّوب؟ اشرحِ الظاهرةَ التي يمكنُ أن تبيّنَها هذه الحالة.

(ج) افترضْ أن الطيورَ هي من العصافيرِ Finches آكِلةِ البذور، وأن الشجرةَ تُنتجُ بذورًا صغيرةً وكبيرة، وأن لكلِّ عصفورٍ منقارًا صغيرًا أو منقارًا كبيرًا، اشرح كيف تكونُ ظاهرةُ التكيفِ هذه. هل بإمكانِ طيرٍ منقارهُ متوسّطُ الحجم أن يتواجدَ أيضًا على هذه الشجرة؟ وسِّعْ إجابتك، سلبيةً كانتْ أم إيجابية

توسيعُ آفاقِ التفكير

1. لدى النملِ علاقاتٌ من نوعِ تبادلِ المنفعةِ مع أنواعٍ مختلفةٍ من الكائناتِ الحية. استخدمْ قاعدةً معلوماتيةً على الإنترنت، أو مراجعَ مكتبية، لتحددَ منفعتينِ تبادليتينِ (إضافةً إلى المنافعِ التكافليةِ التي وردتْ في النص) بين النملِ وأنواعٍ أخرى من الكائناتِ الحيّة. حرِّرْ تقريرًا يوجزُ ما تعلمته، ويوضحُ طبيعةَ كلِّ علاقةٍ تبادلية، والمنافعَ التي يحصُلُ عليها كلُّ نوعٍ من الكائناتِ الحية.

2. اخترْ من النباتاتِ التي تعيشُ في منطقتِك نبتتينِ تتكاثرانِ بالأزهار. جِدِ الكائناتِ الملقِّحةَ التي تقصدُ هذه الأزهار. ارسمْ رسومًا تُظهِرُ الأزهارَ وملقِّحاتِها.

الفصـــلُ 8

النُّظمُ البيئيةُ والغلافُ الأحيائيّ



الغاباتُ المطيرةُ الاستوائيةُ هي الأكثرُ تنوّعًا من الناحيةِ الأحيائيةِ من أيِّ إقليمٍ أحيائيٍّ على كوكبِ الأرض. يبدو في الصورة البغاءُ الأميركيُّ آرا ماكاو Ara macao.

المفهومُ الرئيس: الاعتمادُ المتبادلُ بين الكائناتِ الحيّة

وأنتَ تقرأُ، لاحظْ كيف يجري على كوكبِ الأرض، ضمن الأنواعِ في مختلفِ النُّظمِ البيئية، تفاعلُ الكائناتِ الحيةِ فيما بينها ومع محيطِها البيئيِّ، من أجلِ البقاء.

القسم

1-8

النواتجُ التعليمية

▲ يميِّزُ بين الكائناتِ الحيةِ المنتِجةِ والكائناتِ الحيةِ المستهلِكة.

● يشرحُ الدورَ المهمَّ للكائناتِ الحيةِ المحلِّلة.

■ يميِّز بين الشبكةِ الغذائيةِ والسلسلةِ الغذائية.

◆ يشرحُ كيف تحتوي النُّظمُ البيئية، عادةً، على عددٍ ضئيلٍ فقط من المستوياتِ الغذائية.

انتقالُ الطاقة

تحتاجُ الكائناتُ الحيةُ كلُّها إلى الطاقةِ لتنفيذِ الوظائفِ الأساسيةِ كالنموِّ والحركةِ واستبدالِ الأجزاءِ التالفةِ والتكاثر. ففي نظامٍ بيئيٍّ معيَّن، تتدفقُ الطاقةُ من الشمسِ إلى الكائناتِ الحيةِ ذاتيةِ التغذية، ثم إلى الكائناتِ التي تأكلُ الكائناتِ الحيةَ ذاتيةَ التغذية، ثم إلى الكائناتِ الحيّة التي تقتاتُ بالكائناتِ الحيةِ الأخرى. وكمّيةُ الطاقةِ التي يتلقّاها نظامٌ بيئيّ، وكمّيةُ الطاقةِ التي يتمُّ انتقالُها من كائنٍ حيٍّ إلى كائنٍ حيٍّ آخر، لهما تأثيرٌ مهمٌّ في تركيبِ النظامِ البيئيّ.

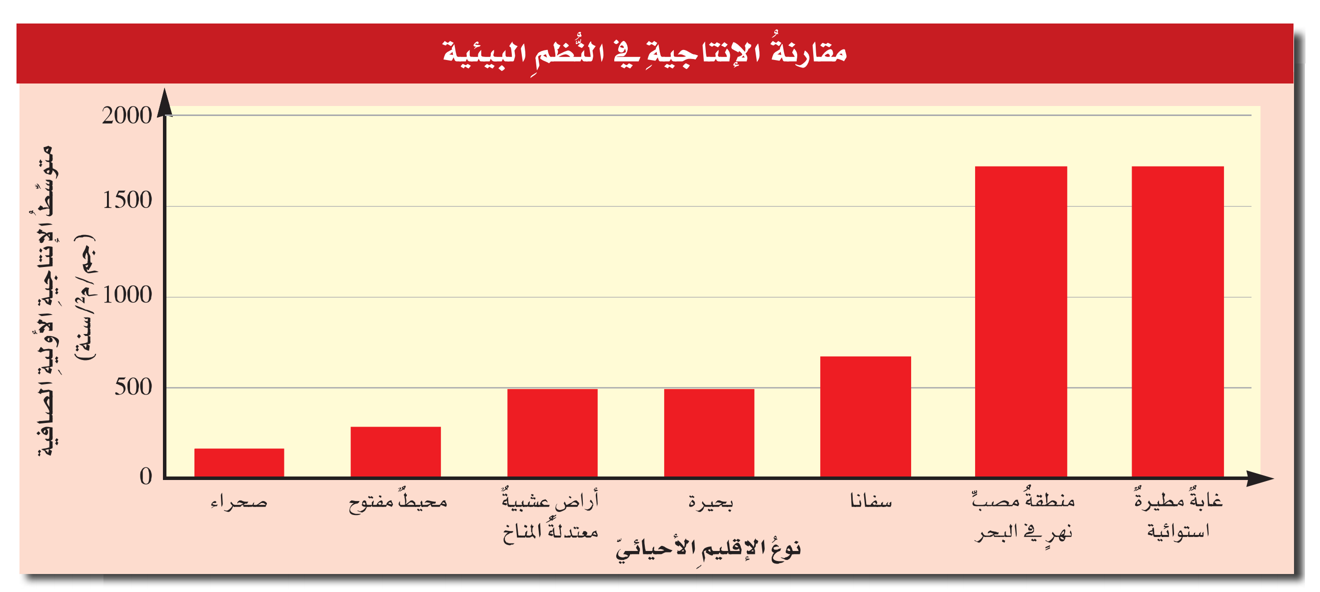
الكائناتُ الحيّةُ المنتِجة

تقومُ الكائناتُ الحيةُ ذاتيةُ التغذية، ومن ضمنها النباتات وبعضُ أصنافِ الطلائعيّاتِ والبكتيريا، بصنعِ غذائها بنفسِها. وتمتصُّ الكائناتُ الحيةُ ذاتيةُ التغذيةِ الطاقةَ وتستخدمُها في صنعِ جزيئاتٍ عضوية، لذلك هي تُسمى **الكائنات الحية المنتِجة Producers**. معظمُ الكائناتِ الحيةِ المنتجةِ تقومُ بالبناءِ الضوئيّ، فتستخدمُ الطاقةَ الشمسيةَ لتوفيرِ الدعمِ لعمليةِ إنتاجِ الغذاء، لكنَّ البعضَ من البكتيريا ذاتيةِ التغذيةِ لا يستخدمُ ضوءَ الشمسِ كمصدرٍ للطاقة. هذه البكتيريا تقومُ بعمليةِ **البناءِ الكيميائيِّ Chemosynthesis**، فتنتجُ الكربوهيدراتِ عن طريقِ استخدامِ الطاقةِ الصادرةِ من الجزيئاتِ غيرِ العضوية. في النُّظمِ البيئيةِ على اليابسةِ تمثِّلُ النباتاتُ، عادةً، الكائناتِ الحيةَ المنتِجةَ الرئيسة. أما في النُّظُمِ البيئيةِ المائيةِ، فالطلائعياتُ، والبكتيريا ذاتيةُ التغذيةِ هما، عادةً، بمثابةِ الكائناتِ الحيةِ المنتجةِ الرئيسة.

عمليةُ قياسِ الإنتاجية

الإنتاجيةُ الأوّليةُ الإجماليةُ Gross primary productivity هي نسبةُ امتصاصِ الطاقةِ من قبلِ كائناتٍ حيةٍ منتِجةٍ في نظامٍ بيئيٍّ معيَّن. تَستخدِمُ الكائناتُ الحيةُ المنتِجةُ، ذاتُ البناءِ الضوئيِّ، جزءًا مهمًّا من هذه الطاقةِ في إنتاجِ الموادِّ العضوية. يطلِقُ علماءُ البيئةِ على الموادِّ العضويةِ في النظامِ البيئيِّ اسمَ **الكتلة الأحيائية Biomass**. تضيفُ الكائناتُ الحيةُ المنتِجةُ كتلةً أحيائيةً إلى نظامٍ بيئيٍّ معيَّن عن طريقِ صنعِ جزيئاتٍ عضوية.

وحدَها الطاقةُ المخزونةُ على صورةِ كتلةٍ أحيائيةٍ تتوفّرُ للكائناتِ الحيةِ الأخرى في النظامِ البيئيّ. وفي الغالبِ، يقومُ علماءُ البيئةِ بقياسِ نسبةِ التراكمِ لهذه الكتلةِ الأحيائية، أي مقدارِ ما تبقى من الموادِّ العضويةِ في أنسجةِ الكائناتِ الحيةِ المنتجةِ بعد استيفاءِ الاحتياجاتِ اللازمةِ لتنفسِ النبات. هذه النسبةُ تُسمى **الإنتاجية الأوّلية الصافية Net primary productivity**. يتمُّ التعبيرُ بصورةٍ نموذجيةٍ عن الإنتاجيةِ



الشكل 8-1

وفقًا لما يبيّنهُ هذا المخطّط، تتشابهُ الإنتاجيةُ الأوّليةُ الصافيةُ لغابةٍ مطيرةٍ استوائيةٍ إلى حدٍّ بعيدٍ مع الإنتاجيةِ الأوّليةِ الصافيةِ لمنطقةِ مصبِّ نهرٍ في البحرِ، كما تتشابهُ الاراضي العشبيةُ المعتدلةُ المناخِ وبحيراتُ المياهِ العذبةِ تشابهًا شديدًا من الناحيةِ الإنتاجية.

الأوليةِ الصافيةِ بوحداتِ الطاقةِ في وحدةِ مساحةٍ خلالَ سنةٍ واحدة ($Kcal/m^2/y$)، أو بوحداتِ الكتلةِ في وحدةِ مساحةٍ خلالَ سنةٍ واحدة ($g/m^2/y$). الانتاجيةُ الأوليةُ الصافيةُ تساوي الإنتاجيةَ الأوليةَ الإجماليةَ مطروحًا منها نسبةُ التنفسِ في الكائناتِ الحيةِ المنتِجة.

يبيّنُ الشكلُ 8-1 إمكانيةَ التفاوتِ الكبيرِ في الإنتاجيةِ الأوليةِ الصافيةِ، مابين نظامٍ بيئيٍّ وآخر. فعلى سبيلِ المثال، المعدّلُ الوسطيُّ للإنتاجيةِ الأوليةِ الصافيةِ في غابةٍ مطيرةٍ استوائيةٍ، هو أكبرُ بـ 52 مرةً من المعدلِ ذاتِهِ في صحراءَ لها المساحةُ نفسُها. وبالرغمِ من أن الغاباتِ المطيرةَ تحتلُّ 5% فقط من سطحِ الكرةِ الأرضية، فهي مصدرٌ لـ 30% تقريبًا من الإنتاجيةِ الأوليةِ الصافيةِ في العالم. أما التفاوتُ في عواملَ ثلاثة، هي الضوءُ ودرجةُ الحرارةِ والهطول، فهو مسؤولٌ عن معظمِ ما في الإنتاجيةِ من تفاوتٍ بين النُّظمِ البيئيةِ على اليابسة. فالارتفاعُ في أيٍّ من هذه المتغيراتِ الثلاثةِ يقودُ، عادةً، إلى ارتفاعٍ في الإنتاجية. أما في النُّظمِ البيئيةِ المائية، فتتحدَّدُ الإنتاجيةُ في العادةِ من خلالِ عاملينِ اثنين، هما الضوءُ وتوفّرُ الموادِّ الغذائية.

الكائناتُ الحيّةُ المستهلِكة

الحيواناتُ كلُّها، ومعظمُ الطّلائعيات، وجميعُ الفطرياتِ والعديدُ من البكتيريا هي كائناتٌ حيةٌ غيرُ ذاتيةِ التغذية. هي لا تستطيعُ، بخلافِ الكائناتِ الحيةِ ذاتيةِ التغذية، أن تصنعَ غذاءَها بنفسِها، بل هي، عوضَ ذلك، تؤمّنُ الطاقةَ عن طريقِ أكلِها لكائناتٍ حيةٍ أخرى أو لنفاياتٍ عضوية. من الناحيةِ البيئية، تُعتبرُ الكائناتُ الحيةُ وغيرُ ذاتيةِ التغذيةِ **كائناتٍ حيّةً مستهلِكة Consumers**، تحصلُ على الطاقةِ من استهلاكِ الجزيئاتِ العضويةِ التي تصنعُها كائناتٌ حيةٌ أخرى.

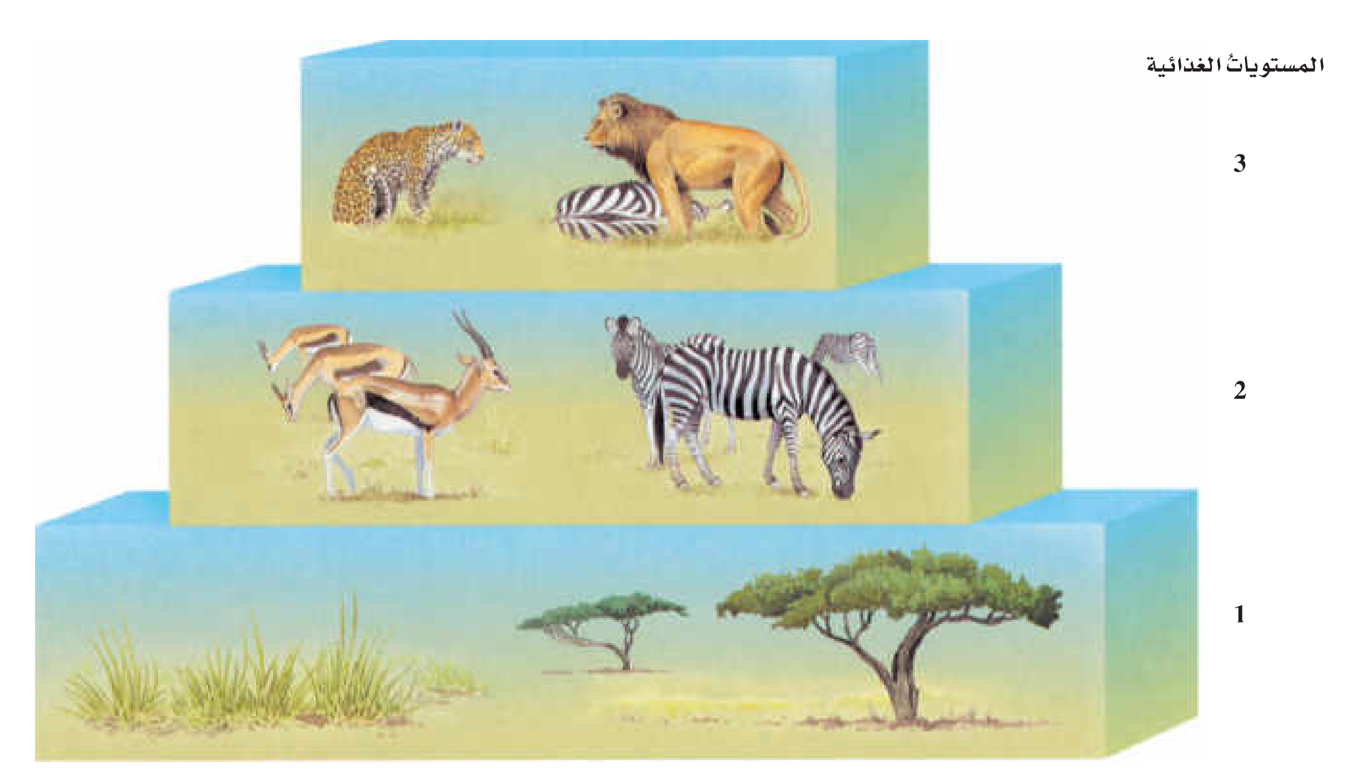
يمكنُ تقسيمُ الكائناتِ الحيةِ المستهلكةِ وفقًا لنوعِ الغذاءِ الذي تأكلُه. أولاً الكائناتُ الحيةُ **آكِلةُ الأعشابِ Herbivores** التي تأكلُ الكائناتِ الحيةَ المنتِجة. الظبي الذي

جذرُ الكلمةِ وأصلُها

آكِلةُ الأعشابِ واللحومِ معًا

omnivores

من اللاتينيةِ omnis وتعني «الجميع»، و vore وتعني «الفردَ الذي يأكل».



الشكل 8-2
في نظام بيئيٍّ محدَّد، تقعُ جميعُ الكائناتِ الحيةِ، التي تقتات بنوعٍ غذائيٍّ واحد، في المستوى الغذائيِّ نفسِه. في هذا الشكل، تقعُ الكائناتُ الحيَّةُ ذاتيةُ التغذيةِ (العشبُ والشجر) في المستوى الغذائيِّ الأوَّل، والكائناتُ الحيةُ آكِلةُ الأعشابِ (الحمارُ الوحشيُّ والغزال) في المستوى الغذائيِّ الثاني، والكائناتُ الحيةُ آكِلةُ اللحوم (الأسدُ والنمرُ المرقط) في المستوى الغذائيِّ الثالث.

يأكلُ العشبَ هو من آكِلةِ الأعشاب. والعوالقُ الحيوانيةُ Zooplankton، التي تقتاتُ بالعوالقِ النباتيةِ Phytoplankton التي تطفو في المحيطاتِ وفي البحيرات، هي أيضًا من آكِلةِ الأعشاب. ثانيًا الكائناتُ الحيةُ **آكلةُ اللحوم Carnivores** التي تأكلُ الكائناتِ الحيةَ المستهلِكةَ الأخرى. النسورُ الصُّلَّعُ والأسودُ وثعابينُ الكوبرا هي بعضُ الكائناتِ الحيّةِ التي تُعرفُ باسم آكِلةِ اللحوم. ثالثًا الكائناتُ الحيةُ **آكِلةُ اللحومِ والأعشابِ معًا Omnivores** التي تأكلُ الكائناتِ المنتجةَ والكائناتِ الحيةَ المستهلكةَ في الآن ذاتِه. فالدبُّ الرماديُّ Grizzly bear الذي يراوحُ غذاؤهُ بين سمَكِ السلمون والتوتِ البرِّيِّ هو من آكِلةِ اللحومِ والأعشابِ في آنٍ واحد.

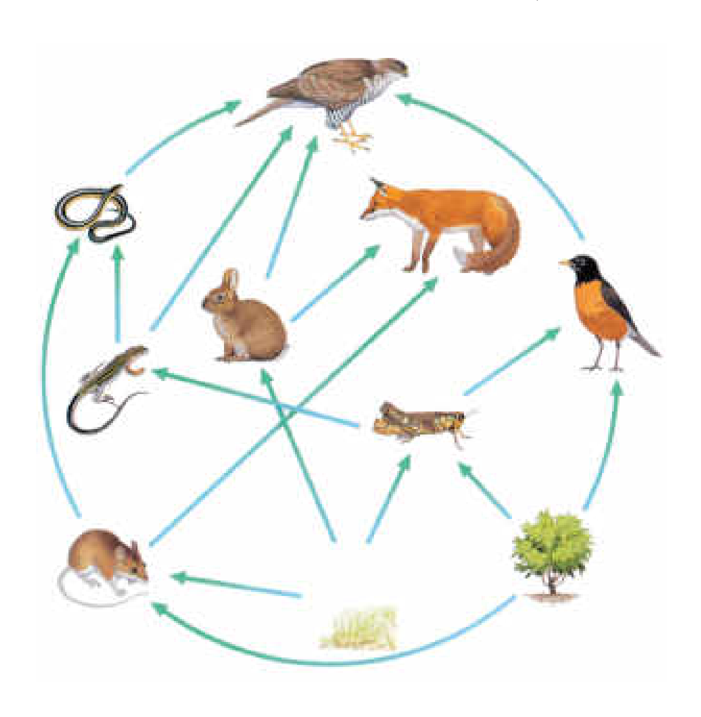
أما **الكائناتُ الحيةُ المترمِّمة Detritivores** فهي كائناتٌ حيةٌ مستهلِكة، تتغذّى من نفاياتِ نظامٍ بيئيٍّ كالكائناتِ الحيةِ التي ماتت حديثًا والأوراقِ والأغصانِ المتساقطةِ والإفرازاتِ الحيوانية. النسرُ مثالٌ على كائنٍ حيٍّ مترمِّم. وتنتمي البكتيريا والفطرياتُ إلى آكِلةِ الفُتاتِ التي تُسمى **الكائناتِ الحيةَ المحلِّلة Decomposers**، وهي تتسببُ في عمليةِ التحللِ عن طريقِ تدميرِ الجزيئاتِ المعقدةِ في الأنسجةِ الميتةِ والنفاياتِ وتحويلِها إلى جزيئاتٍ أبسط. تمتصُّ الكائناتُ الحيةُ المحلِّلةُ بعضَ الجزيئاتِ التي تطلَقُ خلالَ عمليةِ التحلل، وتتمُّ إعادةُ بعضِ هذه الجزيئاتِ إلى الترابِ أو إلى الماء. عملُ الكائناتِ الحيةِ المحللةِ يجعلُ من الموادِّ الغذائيةِ المتواجدةِ في الأجسامِ الميتةِ ونفاياتِ الكائناتِ الحيةِ قوتًا للكائناتِ الحيةِ ذاتيةِ التغذية. بذلك تقودُ عمليةُ التحللِ إلى إعادةِ تدويرٍ للموادِّ الغذائيةِ الكيميائية.

تدفُّقُ الطاقة

كلما قام كائنٌ حيٌّ بأكلِ كائنٍ آخرَ تخضعُ الجزيئاتُ لعمليةِ الأيض، ويتمُّ انتقالٌ معيَّنٌ للطاقة. بنتيجةِ ذلك تتدفقُ الطاقةُ عبرَ النظامِ البيئيِّ، منتقلةً من الكائناتِ الحيةِ المنتِجةِ إلى الكائناتِ الحيةِ المستهلِكة. يتتبع الباحثونَ نمطَ تدفقِ الطاقةِ في جميعِ الكائناتِ الحيةِ في نظامٍ بيئيٍّ معيَّن، من خلالِ تتبعِهم لكيفيةِ حصولِ تلك الكائناتِ على الطاقة. يشيرُ **المستوى الغذائيُّ Trophic level** لكائنٍ حيٍّ إلى موقعِهِ في تسلسلِ عملياتِ انتقالِ الطاقة، على النحوِ المبيَّنِ في الشكل 8-2. على سبيلِ المثال، تنتمي جميعُ الكائناتِ الحيةِ المنتِجةِ إلى المستوى الغذائيِّ الأول. وتنتمي الكائناتُ الحيةُ آكِلةُ الأعشابِ إلى المستوى الغذائيِّ الثاني، وتنتمي الكائناتُ الحيةُ التي تفترسُ آكِلةَ الأعشابِ إلى المستوى الغذائيِّ الثالث. تحتوي معظمُ النُّظمِ البيئيةِ على 3 أو 4 مستوياتٍ غذائيةٍ فقط.

السلاسلُ الغذائيةُ والشبكاتُ الغذائية

السلسلةُ الغذائيةُ Food chain هي مسارٌ منفردٌ للعلاقاتِ الغذائيةِ القائمةِ بين الكائناتِ الحيةِ في نظامٍ بيئيٍّ ينتجُ عنه انتقالُ الطاقة. يمكنُ للسلسلةِ الغذائيةِ أن تبدأ بالعُشبِ الذي هو بمثابةِ كائنٍ حيٍّ ومنتِجٍ أوليّ، وأن تتواصلَ عبرَ كائنٍ حيٍّ مستهلكٍ للبذورِ العشبيةِ، كفأرِ الحقل، وبعدها تكتملُ عبرَ ثعبانٍ من آكِلةِ اللحوم، يقتلُ الفأرَ ثم يأكلُه، ويمكنُ للصقرِ بعد ذلك أنْ يأكلَ الثعبان.



الشكل 8-3

تبيّنُ الشبكةُ الغذائيةُ هذه كيف يمكنُ لبعضِ الكائناتِ الحيةِ في نظامٍ بيئيٍّ معيَّن أن تكونَ على علاقة متبادَلة. يمكنُ لكائنٍ حيٍّ كبيرِ الحجمِ من آكِلةِ اللحومِ أن يحتلَّ قمّةَ سلاسلَ غذائيةٍ عِدّة. غالبًا ما يكونُ أكثرَ فائدةً لعلماءِ البيئةِ أن يضمّنوا الرسمَ التخطيطيَّ أكبرَ عددٍ ممكنٍ من العلاقاتِ الغذائيةِ في نظامٍ بيئيٍّ محدّد. يمكنُكَ أن تتصورَ مدى التعقيدِ المحتملِ الذي ستكونُ عليه هذه الشبكةُ الغذائيةُ لو كان في الإمكانِ جدولةُ كلِّ نوعٍ من أنواعِ الكائناتِ الحيةِ المتواجدةِ في نظامٍ بيئيٍّ معيَن.

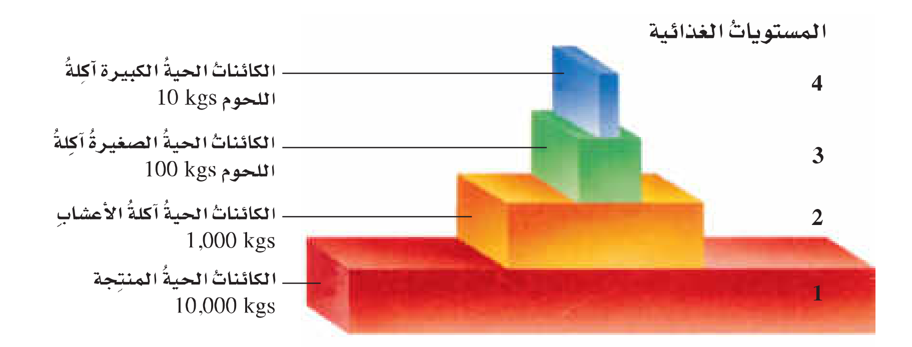
إن العلاقاتِ الغذائيةَ في أيِّ نظامٍ بيئيٍّ هي شديدةُ التعقيد عادةً، ويصعبُ تمثيلُها من خلالِ سلسلة غذائيةٍ واحدة. إن العديدَ من الكائناتِ الحيةِ المستهلِكةِ

تأكلُ أكثرَ من نوعٍ واحدٍ من الغذاء. إضافةً إلى ذلك، يمكنُ لأكثرَ من نوعٍ واحدٍ من الكائناتِ الحيةِ المستهلِكةِ أن يقتات من كائنٍ حيٍّ واحد. هناك إذن ترابطٌ بين عدةِ سلاسلَ غذائية. والرسمُ التخطيطيُّ للعلاقاتِ الغذائيةِ القائمةِ بين جميعِ الكائناتِ الحيةِ في نظامٍ أحيائيٍّ معيّن هو أشبهُ بالشبكة. لهذا السببِ تُسمى السلاسلُ الغذائيةُ المتداخلةُ، في نظامٍ بيئيٍّ ما، **شبكةً غذائية Food web**. الشكلُ 8-3 يبيِّنُ شبكةً غذائيةً مبسَّطة.

كمّياتُ الطاقةِ المنتقلة

يتمُّ إدخالُ ما يقاربُ 10% من الطاقةِ الإجماليةِ المستهلَكةِ من قبلِ أحدِ المستوياتِ الغذائيةِ الى الكائناتِ الحيةِ المنتميةِ إلى المستوى الغذائيِّ الذي يليه. إذا كان الوزنُ المؤمَّنُ عند مستوى الكائناتِ الحيةِ المنتِجة 10,000 kgs، كما في الشكل 8-4، يكونُ الوزنُ المؤمَّنُ منه للمستوى الغذائيِّ التالي، أيْ لآكِلةِ الأعشابِ، بمقدارِ 1,000 kgs، ومن ثَمَّ 100 kgs للكائناتِ الحيةِ الصغيرة آكِلةِ اللحوم، ثم 10 kgs للكائناتِ الحيةِ الكبيرة آكِلةِ اللحوم. إن القدرةَ على المحافظةِ على درجةِ حرارةٍ ثابتةٍ للجسم، وعلى الحركة، ومعدلِ التكاثرِ المرتفع، هي وظائفُ تتطلبُ الكثيرَ من الطاقة. أصنافُ الكائناتِ الحيةِ التي تتصفُ بهذه المزايا تنقلُ إلى المستوى الغذائيِّ التالي مقدارًا من الطاقةِ أدنى من الذي تنقلُهُ أصنافٌ ليس لديها تلك المزايا. على سبيلِ المثال، ينتقلُ مقدارٌ من الطاقةِ من الأعشابِ إلى الإيَّلِ الكبيرِ يفوقُ المقدارَ الذي ينقلُه هذا الأخيرُ إلى الذئب. يمثِّل الشكلُ الهرميُّ للرسمِ البيانيِّ، أدناه، النسبةَ المئويةَ المتدنيةَ لانتقالِ الطاقةِ من مستوى غذائيٍّ إلى آخر.

لماذا تنخفضُ النسبةُ المئويةُ للطاقةِ كلما انتقلتْ من مستوى غذائيٍّ إلى آخر؟ أحدُ الأسباب هو أن بعضَ الكائناتِ الحيةِ في مستوى غذائيٍّ معيَّنٍ لا تتيحُ الفرصةَ للكائناتِ المستهلِكةِ أن تأكلَها. في النهايةِ تموتُ هذه الكائناتُ لتصبحَ قوتًا للكائناتِ المحلِّلةِ دون أن تنتقلَ الطاقةُ الموجودةُ في أجسامِها إلى مستوى غذائيٍّ أعلى. ثم لو أُكِلَ الكائنُ فإن بعضَ أجزاءِ جسمِه، كالشعرِ والحوافرِ، مكونةٌ من جزيئاتٍ لا يستطيعُ الكائنُ المستهلِكُ تفكيكَها والاستفادةَ منها. وأخيرًا لا تتوفرُ الفاعليةُ التامةُ، أيْ مئة بالمئة، في عمليةِ تحويلِ الطاقةِ أو انتقالِها. كلما جرى تحويلُ الطاقةِ، على مثالِ ما يحدثُ خلالَ تفاعلاتِ الأيض، يحصلُ فَقْدٌ لبعضِ الطاقةِ على صورةِ حرارة.



الشكل 8-4
يمثِّلُ هذا الشكلُ انتقالَ الطاقةِ عبر 4 مستوياتٍ غذائية. يمكنُ لكمّيةِ الطاقةِ المنتقلةِ من مستوى غذائيٍّ إلى آخرَ أن تتفاوت، وبهذا يمكنُ للبنيةِ الظاهرةِ أن تتغير. مع كلِّ ذلك، ما يبقى صحيحًا وعلى الدوام، هو أن المستوى الأعلى أصغرُ بكثيرٍ من المستوى الأدنى. بالتالي، تكونُ هذه الأشكالُ هرميةَ الشكلِ تقريبًا بصورةٍ دائمة.

تقومُ الكائناتُ الحيةُ المنتِجةُ باستخدامِ الطاقةِ وبنقلِها بطريقةٍ مماثلة. تخزِّنُ النبتةُ من 1 إلى 5 بالمئة فقط من الطاقةِ الشمسيةِ التي تحوِّلُها إلى سكَّرٍ كمادةٍ عضوية. أما باقي الطاقةِ فينعكسُ إلى خارجِ النبتة، حيثُ يستخدَمُ في عملياتٍ حيويةٍ فيها، أو يتبددُ على شكلِ طاقةٍ حرارية.

المستوياتُ الغذائيةُ المحددة

تُفسِّرُ النسبةُ المتدنيةُ لانتقالِ الطاقةِ بين المستوياتِ الغذائيةِ السببَ في ندرةِ احتواءِ النُّظمِ البيئيةِ على أكثرَ من بضعِ مستوياتٍ غذائية. بحكمِ نقلِ حوالي 10% فقط من الطاقةِ المتوفرةِ لدى مستوًى غذائيٍّ إلى المستوى الغذائيِّ التالي، لا يوجدُ لدى أيٍّ من الكائناتِ الحيةِ، عند المستوى الغذائيِّ الأعلى، طاقةٌ كافيةٌ لتأمينِ مستوياتٍ غذائيةٍ إضافية.

غالبًا ما تكونُ الكائناتُ الحيةُ المنتميةُ إلى المستوى الغذائيِّ الأدنى أكثرَ عددًا بكثيرٍ من الكائناتِ الحيةِ التي تنتمي إلى المستوى الغذائيِّ الأعلى. تحتوي المستوياتُ الغذائيةُ العليا على طاقةٍ أقلَّ، لذلك، يمكنُها تأمينُ الحياةِ لعددٍ أقلَّ من الأفراد.

مراجعةُ القسم 1-8

1. لماذا تكونُ الكائناتُ الحيةُ ذاتيةُ التغذيةِ بمثابةِ مكوِّناتٍ أساسيةٍ في النظامِ البيئيِّ؟
2. ما الدورُ الذي تؤدِّيه الكائناتُ الحيةُ المحلِّلةُ في النظامِ البيئيِّ؟ لِمَ يكتسبُ هذا الدورُ تلك الأهمية؟
3. وضِّح الاختلافَ بين السلسلةِ الغذائيةِ والشبكةِ الغذائية.
4. أعطِ سببينِ لتدني النسبةِ في انتقالِ الطاقةِ ضمن النُّظمِ البيئية.
5. اشرحْ لماذا تستطيعُ مساحةٌ معيَّنةٌ من الأرضِ تأمينَ الحياةِ لكميةٍ أكبرَ من الكائناتِ الحيةِ آكلةِ الأعشابِ مما تؤمِّنه للكائناتِ الحيةِ آكلةِ اللحوم؟
6. **تفكيرٌ ناقد** افترضْ أنك أزلتَ الأرانبَ والجنادبَ والطيورَ والفئرانَ (آكلةَ الأعشاب) من شبكةٍ غذائيةٍ تحتوي أيضًا على عشبٍ وفطريّاتٍ وسحالٍ وصقور. ما الكائناتُ الحيةُ التي ستتأثرُ بذلك؟ وكيف؟

القســم

2-8

النواتجُ التعليمية

▲ يعرِّفُ الدورةَ الأحيائيةَ الجيوكيميائية.

● يتتبعُ مراحلَ دورةِ الماء.

■ يوجزُ المراحلَ الرئيسةَ لدورةِ النيتروجين.

◆ يصفُ مراحلَ دورةِ الكربون.

إعادةُ التدويرِ في النظامِ البيئيِّ

فيما تتدفقُ الطاقةُ عبر نظامٍ بيئيٍّ معيَّن، تتمُّ إعادةُ تدويرٍ وإعادةُ استخدامٍ للماءِ وعناصرَ معدنيةٍ والكربونِ والنيتروجينِ والكالسيوم والفوسفور. تجتازُ كلُّ مادةٍ دورةً أحيائيةً جيوكيميائيةً Biogeochemical cycle، منطلقةً من الجزءِ غيرِ الحيِّ من المحيطِ البيئيِّ، كالجوِّ مثلاً، إلى داخلِ الكائناتِ الحية، ثم تعودُ فتتحققُ دورتُها من جديد.

دورةُ الماء H_2O

المياهُ لا غنى عنها للحياة. تحتوي الخليّةُ من 70% إلى 90% من الماء. والماءُ يُؤمِّنُ الوسطَ المائيَّ الذي تتمُّ فيه غالبيةُ التفاعلاتِ الكيميائيةِ الأحيائية. إن توفرَ الماء هو أحدُ العواملِ الأساسيةِ التي تنظِّمُ إنتاجيةَ النُّظمِ البيئيةِ على اليابسة. ومع ذلك، فالقليلُ من المياهِ المتوفِّرةِ على كوكبِ الأرضِ محتبَسٌ داخلَ الكائناتِ الحية. فتجمعاتُ المياهِ، على شكلِ بحيراتٍ وأنهرٍ وجداولَ ومحيطاتٍ، تحتوي على نسبةٍ مئويةٍ مهمَّةٍ من مياهِ كوكبِ الأرض. يحتوي الجوُّ كذلك على الماءِ في حالةِ بخار. وهناك بعضُ الماءِ كذلك في جوفِ قشرةِ الأرض. تُسمّى المياهُ الموجودةُ في التربةِ، أو في التكويناتِ الجوفيةِ للصخورِ ذاتِ المسامّ، **المياهَ الجوفية Ground water**. يُسمّى انتقالُ الماءِ بين الخزاناتِ الطبيعيةِ المتنوعةِ **دورةَ الماء Water cycle**. هذه الدورةُ مبيَّنةٌ في الشكل 8-5.

الشكل 8-5

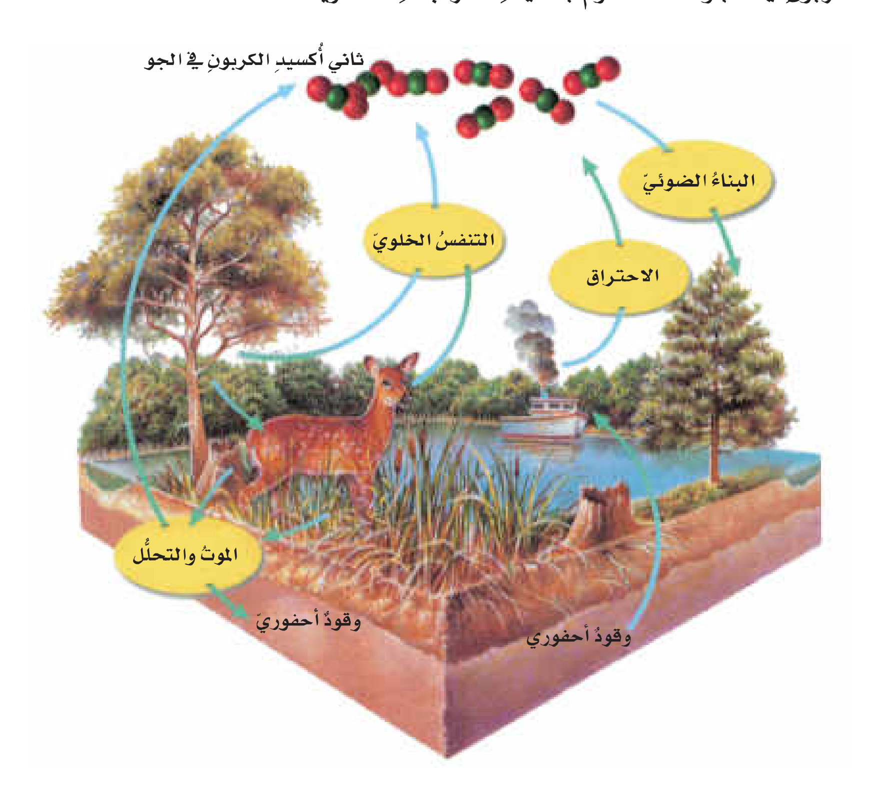
تسقطُ المياهُ خلالَ دورةِ الماءِ على سطحِ كوكبِ الأرضِ على شكلِ هطول. بعضُ الهطولِ يعودُ من جديدٍ إلى جوِّ الأرضِ عن طريقِ التبخرِ والنتح. وبعضُها يجري في جداولَ وأنهرٍ ويتجمعُ في بحارٍ وبحيراتٍ ومحيطات. ويتغلغلُ بعضُ الماءِ داخلَ التربةِ ليكوِّنَ المياهَ الجوفية.

العملياتُ الثلاثُ المهمةُ في دورةِ الماءِ هي التبخرُ والنتحُ والهطول. يقومُ التبخرُ بإضافةِ الماءِ إلى الجوِّ في حالةِ بخار. تتسببُ الحرارةُ في تبخرِ الماءِ من المحيطاتِ والتجمعاتِ الأخرى للمياه، ومن التربةِ ومن أجسامِ الكائناتِ الحية. ما لا يقلُّ عن 90% من مياهِ النُّظمِ البيئيةِ يتبخرُ فوق اليابسة. يخرجُ الماءُ من النباتِ عبرَ عمليةٍ تُسمى **النتح Transpiration**. في عمليةِ النتحِ تأخذُ النباتاتُ الماءَ عبر جذورِها وتطلقُه من خلالِ الثغور Stomata الموجودةِ في أوراقِها. كذلك تساهمُ الحيواناتُ في دورةِ الماء، إلا أن أثرَها أقلُّ أهميةً من أثرِ النباتات. تشربُ الحيواناتُ الماءَ، أو تحصلُ عليه من غذائِها. وهي تطلقُهُ عندما تتنفسُ أو تعرقُ أو عبر الإخراج.

تنزلُ المياهُ من جوِّ الأرضِ عن طريقِ الهطول. إن كمِّيةَ المياهِ التي يمكنُ للجوِّ أن يحتوي عليها تعتمدُ على عواملَ بيئيةٍ غيرِ حية، مثل درجةِ الحرارةِ وضغطِ الهواء. وحالما يصبحُ الجوُّ مشبعًا ببخارِ الماءِ يحدثُ الهطولُ على شكلِ مطرٍ أو ثلجٍ أو برَدٍ أو ضباب.

دورةُ الكربون C

يشكِّلُ البناءُ الضوئيُّ والتنفسُ الخلويُّ معًا أساسَ **دورةِ الكربون Carbon cycle** المبيَّنةِ في الشكل 8-6. خلال عمليةِ البناءِ الضوئيِّ تستخدمُ النباتاتُ والكائناتُ الحيةُ ذاتيةُ التغذيةِ الأخرى ثانيَ أُكسيد الكربون CO_2، إضافةً إلى الماءِ والطاقةِ الشمسيةِ لصنعِ الكربوهيدرات. تستخدمُ الكائناتُ الحيةُ غيرُ ذاتيةِ التغذيةِ وذاتيةُ التغذيةِ معًا الأُكسجينَ لتفكيكِ الكربوهيدرات خلالَ التنفسِ الخلويّ. إن المنتجاتِ الثانويةَ للتنفسِ الخلويِّ هي ثاني أُكسيدِ الكربونِ والماء. تطلقُ الكائناتُ الحيةُ المحللةُ ثانيَ أُكسيدِ الكربونِ في الجوِّ عندما تقومُ بتفكيكِ المركَّباتِ العضوية.



الشكل 8-6

يتواجدُ الكربونُ في الجوّ ضمن ثاني أُكسيدِ الكربون. إن التنفسَ الخلويَّ، واحتراقَ المادةِ العضويةِ وتحللَها هي المصادرُ الثلاثةُ الرئيسةُ لثاني أُكسيدِ الكربون. عن طريقِ إحراقِ كمّياتٍ كبيرةٍ من الوقودِ الأحفوريِّ يقومُ الإنسانُ بزيادةِ كميةِ ثاني أُكسيدِ الكربونِ في الجوّ.



نشاطٌ عمليٌّ سريع

صنعُ نموذجٍ للمياهِ الجوفية

المواد قفّازاتٌ للاستعمالِ مرّةً واحدة، معطفُ مختبر، قارورةٌ بلاستيكيةٌ سعة 3 لترات (مقسومةٌ إلى نصفين)، حجارةٌ صغيرة (250 mL)، تربةٌ معشبة، ماء، مخبارٌ مدرَّج، كأسٌ سعة 500 mL.

الإجراء



1. ضعْ معطفَك المختبريَّ وارتدِ القفّازات.
2. اقلبِ النصفَ العلويَّ للقارورةِ البلاستيكية وضَعْهُ داخلَ النصف السفليِّ ليشكلا عمودًا.
3. ضعِ الحجارةَ في قعرِ النصفِ العلويِّ المقلوبِ للقارورة. ضعْ قطعةً من التربةِ جافّةً ومعشبةً على سطحِ الحجارة.
4. اسكبْ 250 mL من الماءِ فوقَ التربة، ولاحظْ كيف يخترقُ الماءُ التربةَ وينتقلُ عبر العمود.
5. عند توقُّفِ تصريفِ الماء، انزعِ النصفَ العلويَّ للعمودِ واسكبِ الماءَ من أسفلِ العمودِ في الكأس. قِسْ حجمَ السائلِ في الكأس.

التحليل ما حجمُ الماءِ الذي رشحَ من التربةِ المعشبة؟ ما كمّيةُ الماءِ التي بقيتْ في التربة؟ إلى أينَ يذهبُ الماءُ عندما يُستخدمُ في مرجٍ حقيقيٍّ أو في بقعةِ نباتٍ زراعيٍّ؟ ما مصيرُ السمادِ أو مضاداتِ الحشراتِ عند استخدامِها في مرجٍ أو في بقعةِ نباتٍ زراعيّ؟

تأثيرُ الإنسانِ في دورةِ الكربون

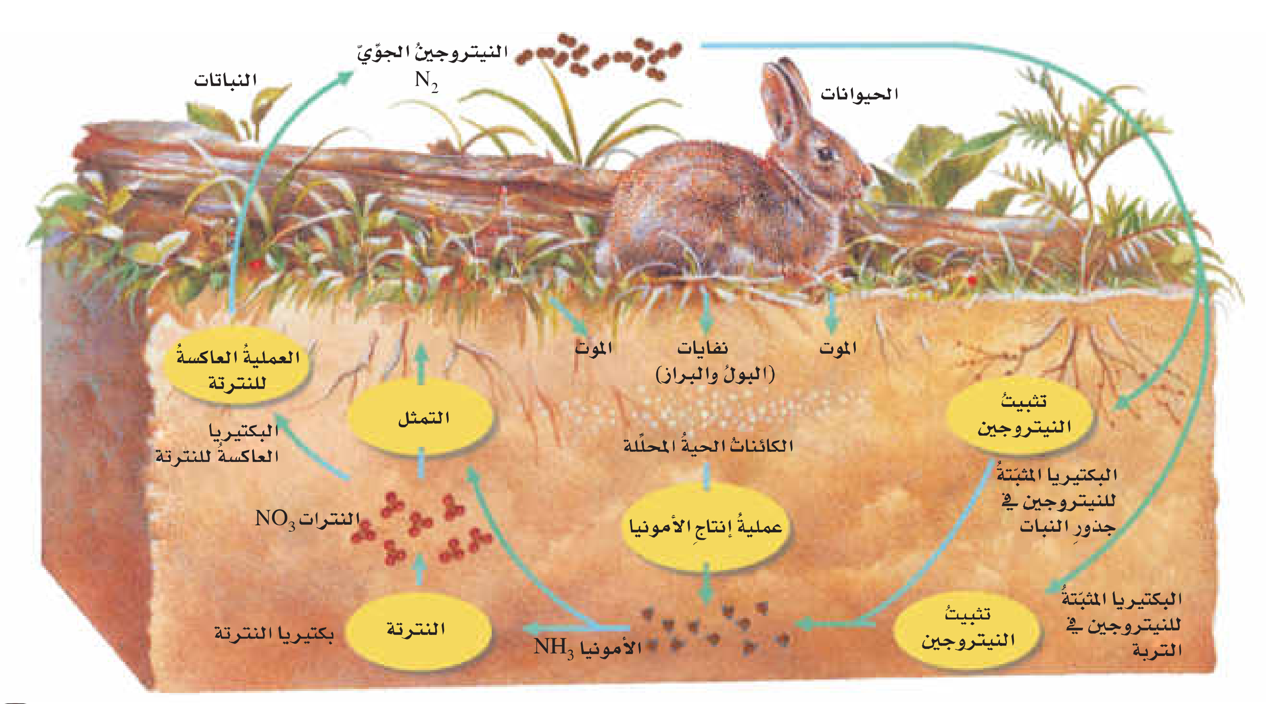
خلالَ السنواتِ الـ 150 المنصرمة، ارتفعَ تركيزُ ثاني أُكسيدِ الكربونِ في الجوِّ بنسبةِ 30% تقريبًا. نصفُ هذا الارتفاع، تقريبًا، حدثَ خلالَ السنواتِ الأربعينَ الماضية. فأنشطةُ الإنسانِ مسؤولةٌ عن هذا الارتفاع. يعتمدُ مجتمعُنا الصناعيُّ على الطاقةِ التي يُنتجُها عن طريقِ إحراقِ الوَقودِ الأحفوريّ: الفحمِ، والنفطِ والغازِ الطبيعيّ. الوقودُ الأحفوريُّ يتألفُ من بقايا كائناتٍ حيةٍ تحولتْ عبر التحللِ والحرارةِ والضغطِ إلى جزيئاتٍ عضويةٍ غنيةٍ بالطاقة. يؤدي حرقُها إلى إطلاقِ الطاقةِ من هذه الجزيئات، غيرَ أنه يُطلِقُ أيضًا ثانيَ أُكسيدِ الكربون. ويضيفُ إحراقُ النباتِ ثانيَ أُكسيدِ الكربون إلى الجوِّ. حاليًّا، يجري إحراقُ مناطقَ واسعةٍ من الغابةِ المطيرةِ الاستوائيةِ لاستحداثِ أراضٍ للزراعةِ ومراعٍ للماشية. تدميرُ الغطاءِ النباتيِّ يزيلُ النباتاتِ التي تمتصُّ ثاني أُكسيدِ الكربون من الجوِّ عبر البناءِ الضوئي.

دورةُ النيتروجين N_2

تحتاجُ الكائناتُ الحيةُ كلُّها إلى النيتروجين لصنعِ البروتيناتِ والأحماضِ النووية. يُسمى المسارُ المعقَّدُ الذي يتّبعُهُ النيتروجينُ داخلَ نظامٍ بيئيٍّ معيَّنٍ **دورةَ النيتروجين Nitrogen cycle**. لاحظْ تدويرَ النيتروجينِ ضمنَ النظامِ البيئيِّ الأرضيِّ المبيَّنِ في الشكل 8-7. يكوِّن غازُ النيتروجينِ N_2 حوالي 78% من غازاتِ الجو، لهذا يبدو النيتروجين كأنه قابلٌ لأن تستخلصَهُ النباتاتُ مباشرةً من الغلافِ الجويّ وتستفيدَ منه، إلا أنه غالبًا ما يؤدّي النقصُ في النيتروجين إلى الحدِّ من إنتاجيةِ النبات، وبالتالي من إنتاجيةِ النُّظمِ البيئية. فمعظمُ النباتاتِ لا تستطيعُ الاستفادةَ من عنصرِ النيتروجين في الحالةِ الخاملة N_2، إلا إذا تحوَّلَ الى الأمونيا أو النتراتِ لا غير. تُسمى

الشكل 8-7

يبيِّنُ هذا الشكلُ تدويرَ النيتروجينِ ضمن نظامٍ بيئي. البكتيريا مسؤولةٌ عن العديدِ من المراحلِ داخلَ دورةِ النيتروجين، ومن ضمن ذلك تحويلُ النيتروجينِ الجوّيّ إلى أمونيا. تعيشُ البكتيريا المثبِّتةُ للنيتروجين في التربةِ وفي جذورِ النباتات. تأخذُ النباتاتُ الأمونيا التي تنتجُها البكتيريا. وتحصلُ الحيواناتُ على النيتروجينِ عن طريقِ أكلِها للنباتاتِ أو لحيواناتٍ أخرى.



عملية تحويل غاز النيتروجين إلى نترات عملية **تثبيت النيتروجين Nitrogen fixation**. تعتمدُ الكائناتُ الحيةُ على عمل البكتيريا القادرةِ على تحويلِ غازِ النيتروجين إلى شكلٍ صالحٍ للاستعمال. تقومُ مجموعاتٌ منفصلةٌ من **البكتيريا المثبِّتةِ للنيتروجين Nitrogen - fixing bacteria** بتحويلِ غازِ النيتروجين إلى أمونيا، ثم إلى نتريت Nitrite، ثم إلى نتراتٍ Nitrate، يمكنُ للنباتاتِ استعمالُه.

تعيشُ البكتيريا المثبِّتةُ للنيتروجين في التربةِ وفي جذورِ بعض أصنافِ النباتات، كالفاصوليا والبازيلا والبرسيم والحلفا. لقد طوَّرتْ هذه النباتاتُ علاقةَ تبادلِ المنفعةِ مع البكتيريا المثبِّتةِ للنيتروجين. يؤمِّنُ النباتُ مسكنًا للبكتيريا–هو عبارةٌ عن انتفاخاتٍ على الجذورِ معزولةٍ بإحكامٍ عن الهواء–ويزوِّدُها بالكربوهيدرات. في المقابل، تنتجُ البكتيريا النيتروجينَ الصالحَ للاستعمالِ من قبلِ النبات. أما فائضُ النيتروجينِ الذي تنتجُهُ البكتيريا فيطلَقُ في التربة.

إعادةُ تدويرِ النيتروجين

تحتوي بقايا الكائناتِ الحيةِ على النيتروجين، وأخصُّها البروتيناتُ والأحماضُ النووية. كذلك يحتوي البولُ والروثُ على النيتروجين. تقومُ الكائناتُ الحيةُ المحلِّلةُ بتحليل جثثٍ ونفاياتِ الكائناتِ الحية، وتطلقُ النيتروجينَ الذي تحتوي عليه على شكلِ أمونيا. تسمّى هذه العمليةُ عمليةَ **إنتاج الأمونيا Ammonification**. ومن خلالِها يعادُ إدخالُ النيتروجين إلى النظامِ البيئيّ.

تمتصُّ البكتيريا الموجودةُ في التربة هذه الأمونيا وتؤكسدُها على صورةِ أملاحِ النتريت NO_2 وأملاحِ النترات NO_3. يتمُّ تنفيذُ هذه العملية، التي تُسمى **النترتة Nitrification**، من قبلِ البكتيريا. كذلك يؤدّي تآكلُ الصخورِ الغنيةِ بالنتراتِ إلى إطلاقِ أملاحِ النتراتِ داخلَ النظامِ البيئيّ. تستخدمُ النباتاتُ أملاحَ النتراتِ لإنتاجِ الأحماضِ الأمينية. ويعادُ النيتروجين إلى الجوِّ عبرَ **عمليةٍ عاكسةٍ للنترتة Denitrification**. تحدثُ هذه العمليةُ عندما تقومُ بكتيريا لاهوائية Anaerobic بتدميرِ النتراتِ وإطلاقِ غازِ النيتروجينِ الذي يعودُ إلى الجوّ.

يمكنُ للنباتاتِ أن تمتصَّ أملاحَ النتراتِ من التربة، غيرَ أن الحيواناتِ لا تستطيعُ ذلك. تحصلُ الحيواناتُ على النيتروجينِ بالطريقةِ نفسِها التي تحصل بها على الطاقة، أيْ عن طريقِ أكلِ النباتاتِ والكائناتِ الحيةِ الأخرى، ثم هضمِ البروتيناتِ والأحماضِ الأمينية.

مراجعةُ القسم 2-8

1. صفْ الدورةَ الأحيائيةَ الجيوكيميائية.
2. أين تعيشُ البكتيريا المثبِّتةُ للنيتروجين؟ ما الوظيفةُ المهمَّةُ التي تؤدِّيها؟
3. صفْ دورَ الكائناتِ الحيةِ المحلِّلةِ في دورةِ النيتروجين.
4. كيف أثَّر إحراقُ الوقودِ الأحفوريِّ في دورةِ الكربون؟
5. عبرَ أيِّ عمليةٍ يدخلُ معظمُ بخارِ الماءِ إلى الجوّ؟ اشرح العملية.
6. **تفكيرٌ ناقد** اشرحْ طريقتين يؤثِّر بهما إحراقُ النباتِ في مستوياتِ ثاني أُكسيدِ الكربون في الجوّ. كيف تؤثِّر إزالةُ النباتِ، حسبَ رأيِك، في مستوياتِ الأُكسجينِ في الجوّ؟

القسم

3-8

النواتجُ التعليمية

▲ يصفُ الفروقَ بين إقليم التندرا الأحيائيِّ وإقليمِ التايغا الأحيائيّ.

● يميِّزُ بين إقليمِ الأراضي العشبيةِ المعتدلِ المناخِ وإقليمِ السفانا.

■ يصفُ ثلاثةَ أنماطٍ من تكيّفاتِ الكائناتِ الحيةِ الصحراويةِ للحفاظِ على الماء.

◆ يقارنُ بين الغاباتِ المطيرةِ الاستوائيةِ والغاباتِ النفضيةِ المعتدلةِ المناخ.

الأقاليمُ الأحيائيَّةُ على اليابسة

الأقاليمُ الأحيائية Biomes هي عبارةٌ عن نُظمٍ بيئيةٍ شاسعةِ المساحة. تحتوي في داخلِها على عددٍ من النُّظمِ البيئيةِ الصغرى، لكنها مرتبطةٌ بها. يمكنُ لإقليمٍ أحيائيٍّ معيَّنٍ أن يتواجدَ في أكثرَ من موقعٍ على كوكبِ الأرض، إلا أن أنواعَ الأقاليمِ المشابهةَ له تتصفُ بمُناخاتٍ مشابهة، وتميلُ إلى إيواءِ كائناتٍ تستوطنُها ذاتِ تكيفاتٍ متشابهة.

الأقاليمُ الأحيائيةُ الرئيسة

يتمُّ التمييزُ بين الأقاليمِ الأحيائيةِ عن طريقِ التمييزِ بين النباتاتِ والحيواناتِ الموجودةِ فيها، غيرَ أنه يتمُّ التعريفُ بها عادةً من خلالِ الحياةِ النباتيةِ السائدة. مثلاً، تُكَوِّنُ الأشجارُ الخشبيةُ الصلبةُ، كأشجارِ الزان Beech والقيقبِ Maple، الحياةَ النباتيةَ للإقليمِ الأحيائيِّ للغابةِ النفضية. يحدِّدُ معظمُ علماءِ البيئةِ سبعةَ أنواعٍ رئيسةٍ من الأقاليمِ الأحيائية، هي المبيَّنةُ في خريطةِ الشكل 8-8، وعددًا من الأنواعِ غيرِ الرئيسةِ للأقاليمِ الأحيائية. في هذا القسمِ، تتعلَّمُ ما يتعلّقُ بخصائصِ الأقاليمِ الأحيائيةِ السبعةِ الرئيسة، وهي: التندرا Tundra، التايغا Taiga، الغابةُ النفضيةُ المعتدلةُ المناخ Temperate deciduous forest، الأرضُ العشبيةُ المعتدلةُ المناخ Temperate grassland، الصحراء Desert، السفانا Savanna، الغابةُ المطيرةُ الاستوائية Tropical rain forest.

الشكل 8-8
تغطّي الأقاليمُ الأحيائيةُ السبعةُ معظمَ سطحِ كوكبِ الأرض. لم يُبَيَّنِ القطبُ المتجمِّدُ الجنوبيُّ لأنه خالٍ من أيِّ إقليمٍ أحيائيّ.



الجدول 8-1 خصائصُ الأقاليمِ الأحيائيةِ السبعةِ الرئيسة

الإقليمُ الأحيائيّ	المتوسطُ السنويُّ لمدى درجةِ الحرارة	المتوسطُ السنويُّ للهطول	التربة	الغطاءُ النباتيّ
التندرا Tundra	12°C -26°C إلى	دون 25 cm	رطبة، رقيقةٌ فقيرةٌ بالموادِّ الغذائية، حمضيةٌ قليلاً تعلو طبقةَ الجمدِ السرمديّ	طحالب، أشنات، نباتاتٌ خشبيةٌ قزمية
التايغا Taiga	14°C -10°C إلى	75-35 cm	الموادُّ الغذائيةُ متدنية، الحمضيةُ مرتفعة	أشجارٌ دائمةُ الخضرةِ ذاتُ أوراقٍ إبرية
الغابةُ النفضيةُ المعتدلةُ المناخ Temperate deciduous forest	28°C 6°C إلى	125-75 cm	رطبة، مستوياتٌ معتدلةٌ من الموادِّ الغذائية	أشجارٌ ذاتُ أوراقٍ عريضةٍ وشجيرات
الأرضُ العشبيةُ المعتدلةُ المناخ Temperate grassland	25°C 0°C إلى	75-25 cm	طبقةٌ عميقةٌ من التربةِ العليا، غنيةٌ جدًّا بالموادِّ الغذائية	أعشابٌ كثيفةٌ وعاليةٌ في المناطقِ الرطبة، وأعشابٌ متكتلةٌ وقصيرةٌ في المناطقِ الأكثرِ جفافًا
الصحراء Desert	38°C 7°C إلى	دون 25 cm	جافة، رمليةٌ في الغالب، فقيرةٌ بالموادِّ الغذائية	نباتاتٌ عصاريةٌ وأعشابٌ مشتتة
السفانا Savanna	34°C 16°C إلى	150-75 cm	جافة، تربةٌ عليا رقيقة، مساميّة، وموادُّ غذائيةٌ متدنية	أعشابٌ عاليةٌ وأشجارٌ متفرقة
الغابةُ المطيرةُ الاستوائية Tropical rain forest	34°C 20°C إلى	400-200 cm	رطبة، تربةٌ عليا رقيقة، فقيرةٌ بالموادِّ الغذائية	أشجارٌ دائمةُ الخضرةِ ذاتُ أوراقٍ عريضةٍ وشجيرات

بما أن المُناخَ يختلفُ باختلافِ الارتفاعِ عن سطحِ البحر، نجدُ أن الجبالَ تحتوي على أنواعٍ عديدةٍ من المجموعاتِ الأحيائيةِ ولا تنتمي إلى أيِّ إقليمٍ أحيائيٍّ محدَّد. الجدولُ 8-1 يصفُ الأنواعَ الرئيسةَ للأقاليمِ الأحيائية، ويَرِدُ فيه المتوسِّطُ السنويُّ لدرجةِ الحرارةِ فيها ومتوسطُ هطولِ الأمطار.

التندرا

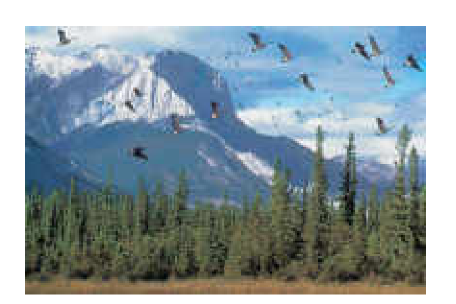
التندرا Tundra إقليمٌ أحيائيٌّ بارد، خالٍ على العمومِ من الأشجار، ويشكِّلُ حزامًا متواصلاً عبر شمالِ أميركا الشماليةِ وأوروبا وآسيا. تشكِّلُ **طبقةُ الجَمْدِ السرمديِّ Permafrost**، وهي طبقةٌ من التربةِ تحت سطحِ الأرضِ متجمدةٌ باستمرار، ميزةً من ميزاتِ التندرا. فالتربةُ السطحيةُ التي تعلو الجمدَ السرمديَّ تظلُّ متجمدةً 44 أسبوعًا في السنة. الشكلُ 8-9 يبيِّنُ بعضَ نباتاتِ التندرا.

تتلقى التندرا القليلَ من الهطول، وتتصفُ بفصلٍ لنموِّ النباتِ قصيرٍ جدًّا يقاربُ الشهرين. تؤدِّي درجاتُ الحرارةِ المتدنيةِ إلى تأخيرٍ في عمليةِ التحلل، وتكونُ التربةُ، في الغالبِ، نتيجةً لذلك،

الشكل 8-9
تبيِّنُ هذه الصورةُ الفوتوغرافيةُ التندرا بمظهرها المتجانسِ والباهت، برغمِ احتمالِ وجودِ بعضِ الرقعِ ذاتِ اللونِ الزاهي خلالَ فصلِ الصيف.



فقيرةً بالموادِّ الغذائية. لهذه الأسبابِ تكونُ نباتاتُ التندرا، في العادةِ، قصيرةً وذاتَ نموٍّ بطيء. الأعشابُ والطحالبُ والحزازياتُ والحلفا هي النباتاتُ الشائعةُ فيها. تشتملُ الحيواناتُ التي تقطنُ التندرا على الرنّةِ الكندية Caribou، وثورِ المسك Musk oxen، وبومِ الثلج Snowy owls، والثعالبِ القطبية Arctic foxes، واللاموس Lemming، والأرانبِ البرّيةِ الثلجية Snowshoe hares.



الشكل 10-8
تتكيَّفُ الكائناتُ الحيةُ في التايغا، مع ظروفِ الجفافِ والبردِ وقلّةِ الموارد الغذائيةِ خلالَ فصل الشتاء. تتميزُ الأشجارُ المخروطيةُ بأوراقٍ إبريةٍ كنمطٍ للتكيفِ والحفاظِ على الماء.

التايغا

تقعُ **التايغا Taiga** جنوبَ التندرا، وهي حيِّزٌ أحيائيٌّ ذو غاباتٍ أغلبُ الأشجارِ فيها دائمةُ الخضرةِ ومن النوعِ الذي يحملُ المخاريط Conebearing، كالصنوبر Pine والتنُّوب Fir. تمتدُّ التايغا عبر مناطقَ واسعةٍ في شمالِ أوروبا وآسيا وشمالِ أميركا. خلالَ فصلِ الشتاءِ الطويلِ يغطِّي الثلجُ الأرضَ ويعزلُها، فيحمي جذورَ الأشجارِ من التجمُّد.

تتكيفُ النباتاتُ التي تعيشُ في التايغا مع فصولِ شتاءٍ طويلةٍ وباردة، وفصولِ صيفٍ قصيرةٍ، وتربةٍ فقيرةٍ بالموادِّ الغذائية. وعلى الأشجارِ الدائمةِ الخضرةِ التي تحملُ المخاريطَ، وتُسمى المخروطياتِ Conifers، تظلُّ الإبَرُ الشمعيةُ الأوراق، موجودةً طوالَ فصلِ الشتاء. وثغورُ المخروطياتِ متواجدةٌ جزئيًّا داخلَ الإبرِ مما يساعدُ الشجرةَ على الاحتفاظِ بالماء. تشملُ الحيواناتُ النموذجيةُ لهذا الإقليمِ الأحيائيِّ الدِّببةَ Bears، والذئابَ Wolves، والوشقَ Lynx. تظلُّ بعضُ الحيواناتِ داخل الغابةِ طوالَ السنة، في حين تهاجرُ حيواناتٌ أخرى نحو مناخاتٍ أكثرَ دفئًا خلال الخريفِ لتعودَ خلالَ فصلِ الربيع. العديدُ من الأنواعِ يغرقُ في سباتٍ بين ستةِ أشهرٍ وثمانيةِ أشهرٍ في السنة. يبيِّنُ الشكل 10-8 منطقةً تمثّلُ التايغا.

جذرُ الكلمةِ وأصلُها

التايغا

Taiga

كلمةٌ روسيةٌ taiga، تعني «مجموعةً أحيائيةً نباتيةً مؤقتة».

الغاباتُ النفضيةُ المعتدلةُ المناخ

تتميزُ **الغاباتُ النفضيةُ المعتدلةُ المناخ Temperate deciduous forests** بالأشجارِ التي تفقدُ كلَّ أوراقِها خلال فصلِ الخريف. وتمتدُّ هذه الغاباتُ عبر شرقِ أميركا الشمالية، وفي مساحاتٍ كثيرةٍ من أوروبّا وفي أجزاءٍ من آسيا ومن نصفِ الكرةِ الأرضية الجنوبيّ. تتصفُ هذه المناطقُ بفصولٍ واضحةٍ وهطولٍ تتوزعُ بصورةٍ متعادلةٍ على مدارِ السنة. بالمقارنةِ مع التايغا، تتصفُ الغاباتُ النفضيةُ المعتدلةُ المناخ بفصولِ شتاءٍ أكثرَ دفئًا وفصولِ صيفٍ أطولَ مدة، وهي تتلقّى هطولاً أكثرَ وفرة. للأشجارِ النفضيةِ أوراقٌ رقيقةٌ وعريضةٌ ذاتُ مساحةٍ سطحيةٍ كبيرةٍ تسمحُ، وبدرجةٍ قصوى، بامتصاصِ الضوء. تشملُ الأشجارُ النفضيةُ أشجارَ البتولا Birch والزان Beech وشجرَ القيقبِ Maple والبلوطِ Oak، وشجرَ الجوزِ Hickory والجمَّيْزَ Sycamore والصفصافِ Willow والحورِ Cottonwood. أما الحيواناتُ الثدييةُ النموذجيةُ في الغاباتِ النفضيةِ المعتدلةِ المناخِ فهي على مثالِ الإيَّلِ ذي الذَّنبِ الأبيض White tailed deer والثعالبِ Foxes والسناجبِ Squirrels والراكون Racoon.

الشكل 8-11

تتميزُ الغابةُ النفضيةُ المعتدلةُ المناخ بأشجار تفقدُ أوراقَها في فصل الشتاء. يعتبرُ هذا تكيّفًا يؤدّي إلى الحفاظِ على الماء. تضيفُ الأوراقُ المتساقطةُ على أرضِ الغابةِ الموادَّ الغذائيةَ إلى التربةِ من خلالِ تحللِها. تسكنُ في هذه الغاباتِ أنواعٌ من الحيواناتِ مثلُ طائرِ الكردينال والإيَّلِ ذي الذنبِ الأبيض.



وقد قُطِعَتْ أشجارُ هذه الغاباتِ من مساحاتٍ واسعةٍ في الولاياتِ المتحدةِ وأوروبا وآسيا لخشبِها، أو بهدفِ إنشاءِ المزارعِ والمدنِ والمجمّعاتِ السكنيةِ. يبيّنُ الشكلُ 8-11 مجموعةَ أشجارٍ نفضيةٍ.

الأراضي العُشبيةُ المعتدلةُ المناخ

إن **الأراضيَ العشبيةَ المعتدلةَ المناخ Temperate grasslands**، كما توحي به التسمية، تغلبُ فيها النباتاتُ العشبية. هذه الأراضي العشبيةُ تتكونُ في العادةِ داخلَ القارات، عند خطوطِ العرضِ نفسِها التي تقعُ ضمنَها الغاباتُ النفضيةُ المعتدلةُ المناخ. إلا أن أنماطَ هطولِ المطرِ تجعلُها شديدةَ الجفاف، بحيثُ لا يمكنُها تأمينُ الحياةِ للأشجار. هذا الإقليمُ الأحيائيُّ كان في الماضي يغطّي مناطقَ شاسعةً في شمال أميركا، وفي آسيا، وأوروبا، وأستراليا، وأميركا الجنوبية. تُعرفُ الأراضي العشبيةُ المعتدلةُ المناخِ بأسماءٍ عدةٍ في مختلفِ أنحاءِ العالم، منها: المراعي Prairies في أميركا الشمالية، السهوبُ Steppes في آسيا، البامبا Pampas في أميركا الجنوبية، وفيلدت Veldt في أفريقيا الجنوبية.

للأراضي العشبيةِ المعتدلةِ المناخِ تربةٌ خصبة، وهي لا تزالُ، في المناطقِ التي ظلَّتْ بعيدةً نسبيًّا عن التأثيرِ السلبيِّ لتدخلِ الإنسان، تؤمِّنُ الحياةَ لقطعانٍ كثيرةٍ من الثديّياتِ التي تعيشُ على الرعي، كالبقرِ الوحشيِّ Bison المبيَّنِ في الشكل 8-12، وذلك لأن العشبَ يمكنُ أن يستمرَّ ويقاومَ رعيًا مستمرًّا من قِبلِ الحيوانات، ويمكنهُ أن يعاندَ الحرائقَ التي تشبُّ من حينٍ إلى آخر وتجتاحُ المنطقة، لأن الجزءَ المتناميَ من النباتِ موجودٌ فوقَ الأرضِ أو تحتَها مباشرة، وهذا ما يساعدُ على حمايةِ النبات. وبما أن للأراضي العشبيةِ مثلَ هذه التربةِ الخصبةِ، جرى تحويلُ الكثيرِ منها في العالم، في ظلِّ المناخِ المعتدل، إلى أراضٍ زراعيةٍ لكي تُنمّى فيها محاصيلُ كالقمحِ والذرة.

الشكل 8-12

في الماضي كانت الأراضي العشبيةُ المعتدلةُ المناخ تغطّي جزءًا كبيرًا من الأرض، وكانت تؤمّن الحياةَ لقطعانٍ ضخمةٍ من آكلةِ العشب، كالبقرِ الوحشيِّ المبيَّنِ في هذا الشكل. حاليًا، تحاولُ جمعياتٌ عديدة للحفاظِ على البيئة، وبصورةٍ نشطة، حمايةَ هذا الإقليمِ الأحيائيِّ الثمينِ المعرَّضِ للانقراض.



الصحاري

الصحاري Deserts مناطقُ تتلقى معدلاً وسطيًّا من المطرِ المتساقطِ يقلُّ عن 25 cm في السنة. وهناك أجزاءٌ كبيرةٌ من أفريقيا الشماليةِ وأستراليا الوسطى وجنوبِ أميركا الشمالية، والربعُ الخالي في شبهِ الجزيرةِ العربية، وأجزاءٌ من وآسيا الشرقيةِ

وبلدان شرق المتوسط هي صحارٍ حارّة. وبعكس المعتقداتِ الشعبيةِ، لا تكونُ الصحاري حارّةً في جميعِ الأوقات. فالصحاري التي تُعرفُ بالباردةِ، كالحوضِ الكبيرِ في غربِ الولاياتِ المتحدةِ وصحراءِ غوبي في شرقِ آسيا، هي حارّةٌ في الصيفِ إلا أنها باردةٌ في فصلِ الشتاء. وحتى في الصحاري الحارّة، يمكنُ لدرجاتِ الحرارةِ أن تهبطَ بمقدارِ 30°C في الليل، لكونِ الهواءِ الجافِّ عازلاً ضعيفًا، يسمحُ للحرارةِ التي تتكوّنُ خلالَ النهارِ بأن تتبدَّد.

غالبًا ما يكونُ نباتُ الصحاري متناثرًا، وهو يتكوّنُ بصورةٍ رئيسةٍ من النباتاتِ التي تكيفتْ مع المناخِ الجافّ. فعلى سبيلِ المثالِ نجدُ أن لأوراقِ بعضِ النباتاتِ الصحراويةِ، كأشجارِ السدرِ والأثل والسمرِ، غطاءً شمعيًّا يقللُ من التبخر. وللحدِّ من فَقْدِ الماءِ عن طريقِ النتح، تفتحُ بعضُ نباتاتِ الصحراءِ ثغورَ أوراقِها خلالَ الليلِ فقط. ويتصفُ الصبّارُ العملاقُ، بأوراقِهِ الكبيرة، وهو نمطٌ من التكيّفِ يسمحُ للصبّارِ باختزانِ الماء، وله أشواكٌ واقيةٌ حادّةٌ هي بمثابةِ تكيفٍ للأوراقِ، فتحمي النباتَ من آكِلةِ الأعشابِ العطشى.

تحتاجُ حيواناتُ الصحاري إلى الحفاظِ على الماء، على غرارِ ما تفعلُهُ النباتات. فالكثيرُ من الحيواناتِ تتجنّبُ حرَّ النهارِ عن طريقِ الاختباءِ في بقعٍ صغيرة ظليلة، أو تطمرُ أجسامَها بالتراب. بعضُها الآخرُ، مثلُ الثعالبِ وأصنافِ السحالي والثعابين، ينشطُ أثناءَ الليلِ فقط، أيْ عندما يكونُ فَقْدُ الماءِ بالتبخرِ متدنيًّا.



الشكل 8-13

يَظهرُ الإقليمُ الأحيائيُّ الصحراوي خاليًا من أيِّ كائنٍ حيٍّ، لأولِ وهلة. إلا أن الملاحظةَ الأدقَّ تجعلُ الصحراءَ تكشفُ عن العديدِ من الكائناتِ الحية. إن جميعَ الكائناتِ الحيةِ للإقليمِ الأحيائيِّ الصحراويِّ متكيفةٌ في الغالبِ مع الجفافِ والظروفِ الحارّة، كما أنها متكيفةٌ من ناحيةِ حفظِ الطاقة. فالصبّارُ العملاقُ المبيَّنُ في هذا الشكل، يخزِّنُ الماءَ من الأمطارِ القليلةِ الهطولِ في الصحراء.

السفانا

السفانا Savanna أراضٍ عُشبيةٌ استوائيةٌ أو شبهُ استوائية ذاتُ أشجارٍ وشجيراتٍ متفرّقة. سفانا أفريقيا هي الأكثرُ شهرةً، إلا أن إقليمَها الأحيائيَّ يتواجدُ أيضًا في جنوبِ أميركا وأستراليا. تتلقّى السفانا أمطارًا تفوقُ ما تتلقاهُ الصحاري، لكنْ أقلَّ مما تتلقاه الغاباتُ المطيرةُ الاستوائية. تتميَّزُ السفانا بتناوبِ الفصولِ الرطبةِ والفصولِ الجافّة. وعلى غرارِ الأراضي العُشبيةِ المعتدلةِ المناخ، تؤمِّنُ السفانا الحياةَ لأعدادٍ كبيرةٍ من آكِلةِ الأعشاب كالحمارِ الوحشيِّ Zebra والزرافةِ والغزال، على النحوِ المبيَّن في الشكل 8-14. تقتاتُ آكِلاتُ اللحومِ الكبيرةُ، كالأسودِ Lions والنمورِ المرقطةِ Leopards والفهودِ الصيّادةِ Cheetah، بآكِلةِ الأعشاب.

بحكمِ هطولِ معظمِ الأمطارِ خلالَ الفصلِ الجافِّ، يلزمُ النباتاتِ والحيواناتِ في السفانا أن تكونَ قادرةً على التكيفِ مع فتراتٍ زمنيةٍ طويلةٍ من القحط. فبعضُ أشجارِ السفانا تنفضُ أوراقَها خلالَ فصلِ الجفاف للحفاظِ على الماء، وغالبًا ما تموتُ أجزاءُ الأعشابِ التي تعلو سطحَ الأرضِ أثناءَ فصلِ الجفافِ لتنموَ من جديدٍ بعد هطولِ الأمطار.



الشكل 8-14

الإقليمُ الأحيائيُّ للسفانا هو منطقةٌ غنيةٌ بالحياةِ البرّية، حيث تتواجدُ قطعانٌ ضخمةٌ من آكلة الأعشاب الكبيرة. وتؤمّنُ هذه المنطقةُ، بفضلِ العددِ المرتفعِ من آكِلةِ الأعشابِ فيها، الحياةَ للكثيرِ من آكلاتِ اللحومِ كبيرةِ الحجم. يوجدُ فصلانِ فقط في مناخِ السفانا، الفصلُ الرطبُ والفصلُ الجافّ.

الغاباتُ المطيرةُ الاستوائية

تتميزُ **الغاباتُ المطيرةُ الاستوائيةُ Tropical rain forests** بالأشجارِ الباسقةِ كالمبينةِ في الشكل 8-15. تتواجدُ الغاباتُ المطيرةُ الاستوائيةُ بالقربِ من خطِّ الاستواءِ في آسيا وأفريقيا وأميركا الجنوبيةِ وأميركا الوسطى. إن امتدادَ فصلِ نموِّ النباتِ على

الشكل 8-15

الحياةُ الحيوانيةُ الظاهرةُ في الشكل، كما الحياةُ النباتيةُ، متنوّعةٌ في الغابةِ المطيرةِ الاستوائية. ينعكسُ ذلك التنوعُ في النباتاتِ الظاهرةِ في (أ)، والقردِ الكسلانِ الفريدِ من نوعه الذي يسكنُ أشجارَ الغابةِ المطيرةِ الاستوائية، الظاهرِ في (ب).



(أ)



(ب)

مدارِ السنةِ بصورةٍ مستقرة، وغزارةَ هطولِ الأمطارِ يجعلانِ الغابةَ المطيرةَ الاستوائيةَ الإقليمَ الأحيائيَّ الأكثرَ إنتاجية.

إن المنافسةَ على الضوءِ شديدةٌ في الغابة المطيرةِ الاستوائية. معظمُ النباتاتِ أشجارٌ يبلغُ ارتفاعُ بعضِها ما بين 50 و 60 مترًا. تشكّلُ رؤوسُ الأشجارِ طبقةً متواصلةً تظلّلُ أرضَ الغابة وتسمّى **سقفَ الغابة Canopy**، وبالرغم من الاعتقادِ بأن الغابة المطيرةَ الاستوائية أدغالٌ غيرُ قابلةٍ للاختراق، نجدُ معظمَ أرضِ الغابةِ خاليةً نسبيًّا من النبات، لأن القليلَ جدًّا من ضوءِ الشمسِ يبلُغ الأرض. أما الكثافةُ العاليةُ جدًّا للنباتاتِ التي تُعرفُ بالأدغال، فتتواجدُ على ضفافِ الأنهارِ وفي المناطقِ التي أصابَها الإخلال، حيثُ يمكنُ لضوءِ الشمسِ أن يصلَ إلى أرضِ الغابة. النباتاتُ الصغيرةُ الحجمِ التي تسمّى **المتصقات Epiphytes**، كتلك المبيَّنةِ في الشكل 8-15 أ، تشملُ الطحالبَ والسحلبيات Orchids. وحيث أن ضوءَ الشمسِ لا يبلُغ أرضَ الغابة، لذلك غالبًا ما تعيشُ الملتصقاتُ على الأغصانِ الطويلةِ حيثُ يصلُها ضوءُ الشمس. تستخدِمُ هذه النباتاتُ كائناتٍ حيةً أخرى لتعيشَ فوقها، غير أنها ليستْ طفيلية، لكونِها تصنعُ غذاءها بنفسِها.

من بين أنواعِ الأقاليمِ الأحيائيةِ جميعِها، تتصفُ الغاباتُ المطيرةُ الاستوائيةُ بأعلى درجةٍ من الوفرةِ في أنواعِ الكائناتِ الحية. يمكنُ لهكتارٍ واحدٍ فقط من غابةٍ مطيرةٍ استوائيةٍ (ما يقاربُ ملعبينِ لكرةِ القدم) أن يحتويَ على حوالي 300 نوعٍ من الأشجار. في المقابل، ربما احتوتِ المساحةُ ذاتُها من غابةٍ نفضيةٍ معتدلةِ المناخ، على أقلَّ من 10 أنواعٍ من الأشجار. والحياةُ الحيوانيةُ متنوّعةٌ جدًّا في الغابةِ المطيرة الاستوائية. القردُ الكسلانُ Sloth المبيَّن في الصورة 8-15 ب، هو حيوانٌ ثدييٌّ من غابةٍ مطيرة. الطيورُ المتعدّدةُ الألوان كالببغاواتِ وطيرِ الطوقان Toucans، والعديدُ من أنواعِ القرود، وأنواعٌ كثيرةٌ من الثعابينِ والسحالي، هي من بينِ الفقارياتِ التي تقطُنُ هذا الإقليمَ الأحيائيّ. أما أنواعُ الحشراتِ في الغاباتِ المطيرةِ الاستوائيةِ فهي شديدة التميّز. ربما أمكنَ إحصاءُ ما يقاربُ 8 ملايين من أنواعِ الخنافسِ التي تعيشُ على الأشجارِ في الإقليمِ الأحيائيِّ للغابة المطيرةِ الاستوائية وحدَها. على العموم، ربما احتوتِ الغاباتُ المطيرةُ الاستوائيةُ على حوالي خُمسِ أنواعِ الكائناتِ الحيةِ المعروفةِ في العالم.

مراجعةُ القسم 8-3

1. لماذا يُعدُّ وجودُ شجرةٍ في التندرا أمراً غيرَ مألوف؟
2. ما وجها الشبهِ اللذانِ تشتركُ فيهما الأراضي العُشبيةُ المعتدلةُ المناخِ والسفانا؟
3. صِفْ تكيفينِ للصبّار في مجالِ الحفاظِ على الماء.
4. اذكرْ حيوانًا واحدًا على الأقلّ، مما يعيشُ في كلٍّ من الأقاليمِ الأحيائيةِ التالية: الصحراء، الأرض العُشبية المعتدلةِ المناخ، التندرا.
5. لماذا يعيشُ الكثيرُ من حيواناتِ الغابةِ المطيرةِ الاستوائيةِ على الأشجار؟
6. **تفكيرٌ ناقد** اشرحِ الفوائدَ التي تجنيها الأشجارُ النفضيةُ من نفضِها أوراقَها خلال فصلِ الخريف. صِفْ بعضَ الأضرارِ المحتمَلةِ لنفضِ الأوراق.

قـــراءاتٌ علـميـــة

الغابةُ والبحر

في ما يلي مقتطفٌ من كتابِ «الغابة والبحر» تأليفِ مارستون بايتس Marston Bates.

عندما قام عالِمُ نباتٍ بزيارةِ محطةِ غابةِ أميركا الجنوبية، حيث كان مارستون بايتس يعملُ، وحين تسلقَ بايتس وزائرُهُ منصةً عاليةً فوق سقفِ الغابة بدأ صوتُ البعوضِ يطنُّ حولهما.

يقول بايتس:

«خلال دراستِنا للبعوضِ وجدْنا أن كلَّ نوعٍ مميَّزٍ من الكائناتِ الحيةِ له عاداتُ طيرانٍ تميِّزُه. كانت بعضُ الأصنافِ تتواجدُ فقط بالقربِ من سطحِ الأرض، وبعضُها الآخرُ يطيرُ عاليًا عند أعالي الشجرِ فقط، وبعضُ الذي اعتادَ أن يكونَ في أعلى الأشجارِ صباحًا أو مساءً، كان يهبطُ ويقتربُ من سطحِ الأرضِ في ساعاتِ وسطِ النهار، مبديًا شكلاً من الهجرةِ العموديةِ اليومية.

فيما كنتُ أشرح ذلك لصديقي، أدهشني أن تلك الطريقة كانت هي نفسَها التي تتصرفُ بها الحيواناتُ في البحر. فمعظمُ الحياةِ متواجدةٌ عند سطحِ الماء، لأن هذا المكانَ هو الذي تضربُهُ أشعةُ الشمس، وكلُّ ما تحتهُ من كائناتٍ يعتمدُ عليه. فالحياةُ تتوزّعُ في الغابةِ كما في البحرِ على السواءِ وفقَ طبقاتٍ أفقية.

الشبَهُ الذي كان في ذهني تبلورَ بسهولة، وأمكنَ استخدامُ المفرداتِ نفسِها الخاصةِ بالحياةِ في البحرِ للتعبيرِ عن الحياةِ في الغابة. في أعلى الشجرِ كنا في المكان الذي يسميهِ طلبةُ علم البحارِ المنطقةَ البحريةَ Pelagic zone، منطقةَ البناءِ الضوئيِّ النشيط، حيث يؤمّنُ ضوءُ الشمسِ الطاقةَ للحفاظِ على استمراريةِ الحياةِ في المجتمعِ الأحيائي المعقّد. تحتها كنا قد بلغنا منطقةَ الأحياءِ القاعيةَ Benthos، أيّ منطقةَ القاعِ حيث تعيشُ الكائناتُ الحيةُ بصورةٍ كليةٍ على الموادَّ التي تتساقطُ من علٍ، من أوراقٍ وثمارٍ، على الجذورِ والكتلِ الخشبيةِ المتساقطة. وحدَها بعضُ الأنواعِ القليلةِ من النباتاتِ الخضراءِ كانت قادرةً نوعًا ما على النموِّ في الضوءِ الخافت، الذي كان يصلُ بصعوبةٍ إلى أرضِ الغابة.

أما البعوضُ، موضوعُ اهتمامي، فكان يتصرفُ بعضَ الشيءِ تصرُّفَ الحياةِ المجهريةِ الطافيةِ في مياهِ البحر، أي العوالقِ Plankton، حيث لكلِّ نوعٍ من العوالقِ توزيعٌ عموديٌّ يميِّزُه: بعضُ الكائناتِ منها ما يعيشُ بالقربِ من سطحِ البحر، ومنها القليلُ فقط يعيشُ عند أعماقٍ كبيرة، وهكذا. على العموم، تقومُ العوالقُ بهجرةٍ يوميةٍ عمودية، فتأتي إلى السطحِ ليلاً وتغوصُ نهارًا: إنها هجرةٌ لم يكنِ البعوضُ، موضوعُ درسي، سوى صورةٍ ضعيفةٍ عنها. غير أن الحشراتِ، على اليابسة، لا تُظهرُ سوى شبَهٍ جزئيٍّ بالعوالقِ في البحر. يتكونُ الجزءُ الرئيسُ من العوالقِ من نباتاتٍ مجهرية، منشغلةٍ في استخدامِ الطاقةِ الشمسيةِ وثاني أُكسيدِ الكربون الذائبِ في الماء، لتصنعَ النشاء وتؤمِّنَ بالتالي مرتكزًا لكلِّ ما تبقّى من كائناتٍ حيةٍ في البحر. يمكنُ لهذه النباتاتِ المجهريةِ أن تماثلَ أوراقَ الشجرِ في الغابةِ وليس الحشراتِ فيها.

يمكنُ لحشراتِ الغابةِ أن تكونَ مماثلةً للعوالقِ الحيوانيةِ والروبيان الصغيرةِ جدًّا، والأسماكِ اليرقيةِ التي تعيشُ مباشرةً على النباتاتِ أو على بعضِها، تعيشُ تحديدًا عند نقطةِ البدايةِ لسلسلةٍ لا تنتهي، الواحدُ فيها يأكلُ الآخرَ داخلَ المجموعةِ الأحيائية».

قارنَ بايتس أشكالَ الكائناتِ الحيةِ في الغابةِ بتلك التي تعيشُ في البحر. لماذا تراهُ يقولُ إن الشبهَ جزئيٌّ فقط بينَ البعوضِ والعوالق؟

قراءةٌ إضافية

في كتابِ «الغابة والبحر»، يقدّمُ بايتس ملاحظاتِهِ المبنيَّةَ على دراساتِه الحقليةِ لإقليمينِ أحيائيَّيْنِ مختلفين. ما الفوائدُ التي يمكنُ تحقيقُها من المقارنةِ بين كائناتٍ حيةٍ تبدو كأنها غيرُ متشابهة؟

القسم

4-8

النواتجُ التعليمية

▲ يميّزُ بين المناطقِ الضوئيةِ واللاضوئيةِ في المحيط.

● يبيّنُ الفروقَ بين منطقةِ الرفوفِ البحريةِ والمنطقةِ المحيطية.

■ يشرحُ كيفيةَ حصولِ الكائناتِ الحيةِ التي تعيشُ على الطاقةِ بالقربِ من الأعناقِ البركانيةِ البحريةِ العميقة.

◆ يميّزُ بين البحيراتِ الكثيرةِ الغذاءِ والبحيراتِ القليلةِ الغذاء.

النُّظُمُ البيئيةُ المائية

لكونِنا من الكائناتِ الحيةِ التي تعيشُ على اليابسة، نجدُ أننا نميلُ إلى التركيزِ على الكائناتِ الحيةِ الأرضيةِ الأخرى التي نراها حولَنا. غير أنه يمكنُ للحياةِ أن تكونَ قد نشأتْ في البحر، ثم استوطنتِ اليابسةَ منذ وقتٍ قصيرٍ فقط (بالمقياسِ الجيولوجي). تغطّي المياهُ ما يقاربُ ثلاثةَ أرباعِ الكرةِ الأرضية، وهي موطنُ أنواعٍ من الكائناتِ الحيةِ المتنوّعة. في هذا القسمِ نلقي نظرةً على بعضِ سكّانِ النُّظمِ البيئيةِ المائيّة.

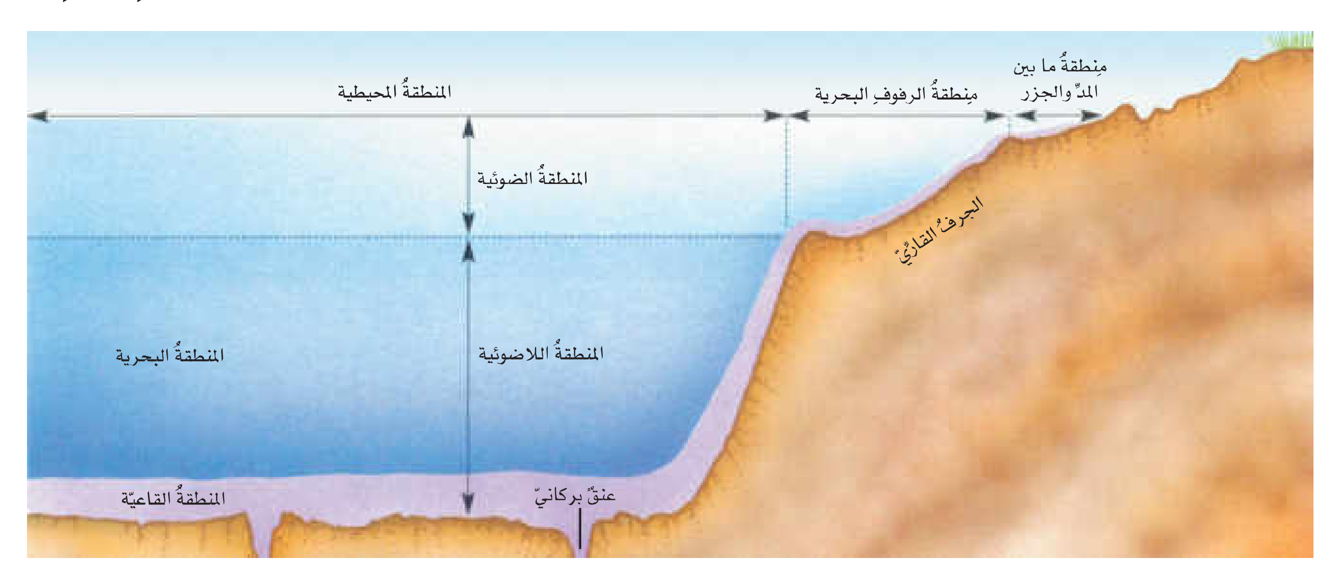
المناطقُ المحيطية

تغطّي المحيطاتُ حوالي 70% من سطحِ كوكبِ الأرض، بعمقٍ متوسِّطُهُ 3.7 km أما أعمقُ أعماقِ الأجزاءِ المحيطيةِ فتبلغُ حوالي 11 km. تحتوي المياهُ على حوالي 3% من الملح، ومعظمُه من كلوريد الصوديوم، وهو عاملٌ يؤثّرُ بقوةٍ في حياةِ الكائناتِ الحيةِ التي تعيشُ في المياهِ المالحة. المتغيِّرُ الآخرُ العامُّ الذي يؤثر في الكائناتِ الحيةِ البحريةِ هو توفرُ الضوء. بما أن المياهَ تمتصُّ الضوء، فإننا نجدُ أشعةَ الشمسِ تخترقُ فقط عشراتِ الأمتارِ القليلةَ العلويةَ من المحيط. **المنطقةُ الضوئيةُ Photic zone** من المحيطِ هي الجزءُ الذي يتلقّى أشعةَ الشمس. يقعُ باقي المحيطِ ضمن **المنطقةِ اللاضوئيةِ Aphotic zone**، حيث الأعماقُ الباردةُ المظلمةُ التي لا يمكنُ لأشعةِ الشمسِ أن تصلَ اليها وتخترقَها. لا يمكنُ في المنطقةِ اللاضوئيةِ أن يتحققَ البناءُ الضوئي، بسببِ النقصِ في أشعةِ الشمس.

يحدِّدُ علماءُ البيئةِ ثلاثَ مناطقَ تمتدُّ انطلاقًا من البرّ، على النحوِ المبيَّنِ في

الشكل 16-8

يُظهرُ الرسمُ التخطيطيُّ المناطقَ المختلفةَ من المحيط. تمتدُّ منطقةُ الرفوفِ البحريةِ عمومًا، من منطقةٍ ما بين المدّ والجزرِ إلى النقطةِ التي يبلغُ فيها عمقُ المياهِ حوالي 180 مترًا. أما المنطقةُ الضوئيةُ فيختلفُ عمقُها حسبَ عمقِ الماءِ الذي يمكنُ للضوءِ أن يخترقَه.



الشكل 8-16. يحققُ المدُّ والجزرُ على طولِ شواطئِ المحيطِ ارتفاعًا وهبوطًا في منسوبِ المياه، في منطقةٍ تُسمى **منطقةَ ما بينَ المدِّ والجزر Intertidal zone**. وليس بعيدًا عنها تقعُ **منطقةُ الرفوفِ البحرية Neritic zone** التي تمتدُّ فوق الجرفِ القارِّيّ. والمياهُ في منطقةِ الرفوفِ البحريةِ ضحلةٌ نسبيًّا (لا يزيدُ عمقُها عن بضعِ مئاتٍ من الأقدام). ما بعدَ الجرفِ القارِّيِّ تقعُ **المنطقةُ المحيطية Oceanic zone** وهي المياهُ العميقةُ في عرضِ البحر. وهناك تقسيمٌ ضمنَ منطقةِ الرفوفِ البحريةِ والمنطقةِ المحيطية، فالمحيطُ المفتوح يُعرفُ **بالمنطقةِ البحرية Pelagic zone**، في حين يعرفُ قعرُ المحيطِ **بالمنطقةِ القاعية Benthic zone**.

منطقةُ ما بينَ المدِّ والجَزْر

تتكيفُ الكائناتُ الحيةُ لهذهِ المنطقةِ، أثناءَ الجزر، مع التعرضِ الدوريِّ للهواء. يتجنبُ حيوانُ السرطانِ فَقْدَ الماءِ عن طريقِ الاختباءِ في حفرٍ داخلَ الرملِ أو الوحل. وتتراجعُ أنواعٌ من الصدفياتِ إلى داخلِ قواقعِها أثناءَ الجزر. يلزمُ الكائناتِ الحيةَ التي تعيشُ في منطقةِ ما بينَ المدِّ والجزرِ أن تكونَ قادرةً على احتمالِ قوةِ الأمواجِ الساحقة. تتشبثُ شقائقُ النعمانِ البحريةُ Sea anemones بالصخورِ بواسطةِ قرصٍ عضليّ، ويستخدمُ نجمُ البحرِ Sea star قوائمَ أنبوبيةً للالتصاقِ بالأسطح. يبيِّنُ الشكل 8-17 بعضَ الكائناتِ الحيةِ التي تعيشُ في منطقةِ ما بينَ المدِّ والجَزْر.



الشكل 8-17
إن منطقةَ ما بين المدّ والجزرِ المبيَّنةَ هنا شبيهةٌ بمناطقِ ما بين المدّ والجزرِ على كامل كوكبنا. بعضُها أُنشئَ اصطناعيًا بتشييدِ رؤوسٍ كتليةٍ صخريةٍ واقية، على طولِ الامتداداتِ الأصليةِ للشواطئ. الشاطئُ المكشوفُ جزءٌ من منطقةِ ما بين المدّ والجزر، يمكنُ تمييزُهُ عادةًمن مناطقِ ما بيْنَ المدّ والجزرِ الصخرية، وهو أقلُّ وفرةً في أنواعِ الكائناتِ الحيةِ من هذه المناطق.

منطقةُ الرفوفِ البحرية

إن منطقةَ الرفوفِ البحريةِ هي المنطقةُ الأغزرُ إنتاجًا في المحيط، وهي تؤمِّنُ الحياةَ لعددٍ ولأنواعٍ من الكائناتِ الحيةِ أكثرَ من أيِّ منطقةٍ أخرى. مياهُ معظمِ منطقةِ الرفوفِ البحريةِ ضحلة، بما فيها المنطقةُ الكافيةُ لحدوثِ البناءِ الضوئيّ. تقومُ تيّاراتٌ قويةٌ، تُسمى التيّاراتِ الصاعدة Upwellings، بحملِ المواد الغذائية من قعرِ المحيطِ لتمزجَها بالمواد الغذائية الموجودةِ في المياهِ الجاريةِ القادمةِ من اليابسة. هذه المياهُ غنيةٌ **بالعوالق Plankton**، وهي مجموعاتٌ أحيائيةٌ من الكائناتِ الحيةِ الصغيرةِ التي تنجرفُ مع التياراتِ المحيطية. العوالقُ تستهلكُها الكائناتُ الحيةُ



الشكل 8-18
إن الشّعابَ المرجانيةَ، كالشعبةِ المبيَّنةِ في الصورةِ هنا، هي من أكثرِ النُّظمِ البيئيةِ تنوُّعًا في كائناتها الحية، على كوكبِ الأرض. تنشأ الشّعابُ المرجانيةُ بواسطةِ بقايا هياكلِ حيواناتٍ بحريةٍ صغيرةٍ جدًّا، وهي تنمو باستمرارٍ تحت سطح مياهِ البحارِ الدافئةِ مباشرةً حيث تتلقَى ضوءَ الشمس.

العديدةُ الأكبرُ حجمًا. يعيشُ في هذه المياهِ كذلك العديدُ من الأسماكِ والحبَّارِ Squid وسلاحفِ البحرِ Sea turtles والحيواناتِ الأخرى.

تتشكلُ الشّعابُ المرجانيةُ في منطقةِ الرفوفِ البحريةِ من المناطقِ المدارية. وكالغاباتِ المطيرةِ الاستوائية، الشعابُ المرجانيةُ منتجةٌ جدًّا، وغنيةٌ بأنواعِ الكائناتِ الحية. تتكونُ الشعابُ المرجانيةُ على مدى فتراتٍ زمنيةٍ طويلة، بواسطةِ الحيواناتِ المرجانية. تقومُ هذه الحيواناتُ ببناءِ هياكلَ خارجيةٍ من المركَّبِ الكيميائيِّ الصلبِ المسمّى كاربوناتِ الكالسيوم. وفيما ينمو الحيوانُ ويموت، تتراكمُ الهياكلُ على مرِّ الزمن فتشكلُ الشعبةَ المرجانية، على النحوِ المبيِّن في الشكل 8-18، وهي موطنُ العديدِ من أنواعِ السمكِ والقشريات والرخوياتِ والحيواناتِ الأخرى. بعضُ أنواعِ الكائناتِ الحيةِ المرجانيةِ تقيمُ علاقاتِ تبادلِ المنفعة مع طلائعياتٍ ذاتيةِ التغذية، وتتلقى منها الغذاء.



الشكل 8-19

للكائناتِ الحيةِ في البحارِ العميقةِ أنماطٌ عديدةٌ من التكيّفاتِ مع المحيطِ البيئيّ. فالحبّارُ الظاهرُ في الصورةِ الفوتوغرافيةِ متكيفٌ بشكلٍ يمكّنُهُ من أكلِ كمّيةٍ كبيرةٍ من الغذاءِ دفعةً واحدة، بسببِ الصعوبةِ في إيجادِ الفريسةِ دوريًّا.

المنطقةُ المحيطية

تحتوي المنطقةُ المحيطيةُ على عددٍ من أنواعِ الكائناتِ الحيةِ أقلَّ من منطقةِ الرفوفِ البحرية. إن مستوياتِ الموادِّ الغذائيةِ فيها متدنيةٌ جدًّا، حتى في المناطقِ الضوئية، بحيثُ لا يمكنُها تأمينُ الحياةِ لذلك القدرِ من الكائناتِ الحية. بالرغمِ من أن الإنتاجيةَ الحيويةَ في المترِ المربعِ من مياهِ عُرضِ البحرِ متدنيةٌ جدًّا هي الأخرى، بحكمِ تغطيةِ المحيطِ لمثلِ هذه المساحةِ الشاسعة، فإن الإنتاجيةَ الإجماليةَ للمنطقةِ المحيطيةِ عالية. نصفُ البناءِ الضوئيِّ الذي يحدثُ على كوكبِ الأرضِ يتحققُ في المنطقةِ المحيطية. إن الكائناتِ الحيةَ المنتِجةَ للأجزاءِ العلويةِ للمنطقةِ المحيطيةِ هي طلائعياتٌ وبكتيريا من العوالق. أما الحيواناتُ التي تعيشُ في المنطقةِ المحيطيةِ فتشملُ الأسماكَ والثديياتِ كالحيتانِ والكثيرِ من اللافقاريات.

في المنطقةِ اللاضوئيةِ، تقتاتُ الحيواناتُ، بصورةٍ رئيسة، بالعوالقِ الهابطةِ والكائناتِ الحيةِ الميتة. يجب على الحيواناتِ التي تعيشُ عميقًا في المحيطِ أن تتكيفَ مع درجةِ الحرارةِ القريبةِ من درجةِ التجمدِ ومع ضغطٍ ساحق. تتصفُ الكائناتُ الحيةُ المستوطنةُ في عمقِ البحار، كالحبَّارِ المبيَّنِ في الشكل 8-19، بنسبِ أيضٍ بطيئةٍ وبأجهزةٍ هيكليةٍ صغيرةِ الحجم. ولأسماكِ تلك الأعماقِ أفكاكٌ وأسنانٌ كبيرةٌ ومَعِدةٌ قابلةٌ للتمددِ يمكنُها استعيابُ الطرائدِ النادرةِ التي يمكنُ أن تلتقطَها. تطلِقُ الفوهاتُ البركانيةُ، في عمقِ البحار،مياهًا غنيَّةً بالمعادنِ الفِلزِّية، غالبًا ما تفوقُ درجةُ حرارتِها 750 درجةً مئوية. إن البكتيريا ذاتَ البناءِ الكيميائيِّ، التي تستخدمُ الطاقةَ الموجودةَ في سلفايد الهيدروجين H_2S هي الكائناتُ الحيةُ المنتِجةُ في هذا النظامِ البيئي.

منطقةُ مصباتِ الأنهارِ في البحار

تتكونُ **منطقةُ مصبِّ النهرِ في البحرِ Estuary** حيث تتدفقُ المياهُ العذبةُ للأنهارِ والجداولِ. ومن الأمثلة على ذلك مناطقُ مصباتِ الأنهارِ والخلجانِ وطبقاتِ الوحلِ والسبخاتِ المالحة. تؤمِّن المياهُ الضحلةُ الكثيرَ من الضوء، كما أن الأنهارَ تلقي بمقاديرَ

كبيرةٍ من الموادِّ الغذائيةِ المعدنيةِ عند المصبّات. إن التفاعلَ بين المياهِ العذبةِ والمياهِ المالحةِ يتسببُ في تفاوتٍ كبيرٍ في درجةِ الحرارةِ والملوحة. إضافةً إلى ذلك، وكما في المنطقةِ التي يحدُثُ فيها المدُّ والجزر، تكونُ مساحةٌ كبيرةٌ من أرضِ مصبٍّ النهرِ في البحر مكشوفةً خلال الجزر. تتكيفُ الكائناتُ الحيةُ التي تعيشُ عند مصبّاتِ الأنهارِ في البحار مع التغيراتِ المتكرِّرة. فعلى سبيلِ المثال، تتزودُ أصنافُ أشجارِ القرمِ Mangrove بغددٍ خاصةٍ في أوراقِها وظيفتُها التخلصُ من فائضِ المياهِ المالحةِ التي امتصتْها الجذور. الشكل 8-20 يمثلُ منطقةَ مصبِّ النهرِ في البحر.



الشكل 8-20

منطقةُ مصبّاتِ الأنهارِ في البحارِ غنيةٌ بأنواعِ الكائناتِ الحية. إنها بمثابةِ محاضنَ في المحيط. الكثيرُ من الكائناتِ الحيةِ البحريةِ تفقّسُ فيها وتقضي فيها مراحلَ حياتِها الأولى. يقومُ الغطاءُ النباتيُّ الكثيفُ بحمايتِها من فعلِ الموجِ الذي يضربُها، كما يؤمّنُ لها غطاءً واقيًا ضدَّ الكائناتِ المفترسة. مصبّاتُ الأنهارِ في البحارِ غنيةٌ بالحيواناتِ البحريةِ التي تُستخدَمُ كغذاءٍ للإنسان. من الحيواناتِ الغذائيةِ التي تبدأُ حياتَها في مصبّاتِ الأنهارِ في البحار: الروبيان، سمكُ البوري Mullet، السمكُ الأحمر Redfish، وسمكُ الأنشوا Anchovies.

مناطقُ المياهِ العذبة

تتميّزُ النُّظمُ البيئيةُ ذاتُ المياهِ العذبةِ بمستوياتٍ متدنيةٍ من الأملاحِ المذابة. يبلغُ محتوى المياهِ العذبةِ من الملحِ حوالي 0.005%. تشملُ أمثلةُ النُّظمِ البيئيةِ ذاتِ المياهِ العذبةِ البحيراتِ والبركَ وجداولَ المياهِ الجبليةِ الصافيةِ والأنهارَ البطيئةَ الجريانِ الغنيةَ بالترسُّبات.



الشكل 8-21

الزنبقُ المائيُّ لنهرِ الأمازون *Victoria amazonica* متكيّفٌ مع العيشِ في البركِ ذاتِ المياهِ الضحلةِ والكثيرةِ الغذاء. فيما تتراكمُ الموادُّ العضويةُ، تمتلئُ البحيرةُ أو البركةُ بالموادِّ وبالكائنات، حتى ينتهيَ الأمرُ باحتجابِ البحيرةِ أو البركة عن النظر.

البحيراتُ والبرك

يقسِّمُ علماءُ البيئةِ البحيراتِ والبركَ إلى فئتين. الفئةُ الأولى **البحيراتُ الكثيرةُ الغذاء Eutrophic lakes**، وهي البحيراتُ ذاتُ الموادِّ الغذائيةِ العديدةِ الغنيةِ بالموادِّ العضويةِ والنبات، وهو ما يجعلُ المياهَ كَدِرة. فالزنبقُ المائيُّ الضخمُ، المبيَّنُ في الصورةِ الفوتوغرافيةِ في الشكل 8-21، ينمو في بركةٍ ضحلةٍ فيها العديدُ من الموادِّ الغذائية. أما الفئةُ الثانيةُ أي **البحيراتُ القليلةُ الغذاء Oligotrophic lakes**، ذاتُ الموادِّ الغذائيةِ القليلةِ الفقيرةِ بالموادِّ العضوية. فالمياهُ فيها أصفى بكثير، ويكونُ قعرُها عادةً رمليًّا أو صخريًّا. تعيشُ الأسماكُ في هذه البحيراتِ بفئتيها. وتؤمِّنُ البحيراتُ وبركُ المياهِ العذبةِ الحياةَ للثدييّات، من أمثال قندسِ الماءِ Otter وجرذِ الماء Muskrat، وطيورٍ مثل البطِّ والطيورِ آكلةِ السمك.

الأنهارُ والجداول

النهرُ جسمٌ مائيٌّ يجري إلى أسفل، عبرَ منحدَرٍ، أو بهبوطٍ متدرِّجٍ نحو المصبّ. تتدفقُ المياهُ بسرعةٍ عبرَ منحدراتٍ قوية، وتتكيَّفُ الكائناتُ الحيةُ فيها مع مقاومةِ التيّاراتِ القوية. فعلى سبيلِ المثال، تتشبَّثُ يرقاتُ الذبابِ Caddis flies بالقعرِ الصخريِّ، فيما طورتْ أسماكُ الترويت والأسماكُ الأخرى قوّةَ مجابهةٍ للتيّارِ الهابط، وهي تقتاتُ باللافقارياتِ المنجرفة. إن مياهَ الأنهارِ ذاتَ الجريانِ البطيءِ أكثرُ وفرةً بالموادِّ الغذائية، وهي بالتالي تؤمِّنُ الحياةَ لتنوعٍ أحيائيٍّ أكبر. إن النباتاتِ ذاتَ الجذور، والأسماكَ التي تقتاتُ بها، تعيشُ متكيفةً مع التيّاراتِ الأقلِّ قوةً للأنهار ذات الجريان البطيء.

جذرُ الكلمةِ وأصلُها

القليلةُ الغذاء

Oligotrophic

من الكلمةِ اليونانيةِ oligos، ومعناها «قليل»، والكلمةِ اليونانية trophikos، ومعناها «طعام».

مراجعةُ القسم 4-8

1. ميِّز بين المناطقِ الضوئيةِ واللاضوئية.
2. اذكرْ مصدرَي الموادِّ الغذائيةِ في منطقةِ الرفوفِ البحرية.
3. ما الدورُ الذي تؤدّيه البكتيريا ذاتُ البناءِ الكيميائيِّ في النُّظمِ البيئيةِ للأعناقِ البركانيةِ البحريةِ العميقة؟
4. ما الفارقُ الرئيسُ بين فئتَي البحيرات: الكثيرةِ الغذاءِ والقليلةِ الغذاء؟
5. ماذا يمكنُ أن يحدثَ للكائناتِ الحيةِ في نهرٍ ذي جريانٍ سريعٍ أُقيمَ عليه سدّ؟
6. **تفكيرٌ ناقد** تصلحُ منطقةُ مصبّاتِ الأنهرِ في البحارِ كمواقعَ للتكاثرِ ومحاضنَ لآلافِ الأنواعِ من الحيواناتِ البحرية. ما المزايا التي تجعلُ من منطقةِ المصبّاتِ أماكنَ مفيدةً للكائناتِ الحيةِ البحريةِ في مجالِ التكاثر؟ سَمِّ بعضَ الأضرارِ المحتملة.

مراجعةُ الفصل 8

ملخص / مفردات

1-8

- إن الكائناتِ الحيةَ ذاتيةَ التغذيةِ هي الكائناتُ المنتجةُ الأولية. فهي تصنعُ الكربوهيدراتِ عبرَ استخدامِ الطاقةِ الصادرةِ عن الشمس. وتحصلُ الكائناتُ الحيةُ المستهلكةُ على الطاقةِ عن طريقِ أكلِ الكائناتِ الحيةِ الأخرى.
- إن الإنتاجيةَ الأوليةَ الإجماليةَ هي نسبةُ امتصاصِ الطاقةِ من قِبلِ الكائناتِ الحيةِ ذاتيةِ التغذية. والإنتاجيةُ الصافيةُ هي نسبةُ إنتاجِ كتلةٍ أحيائيةٍ جديدةٍ من قِبلِ الكائناتِ الحيةِ المنتجةِ الأولية.
- تقتاتُ الكائناتُ الحيةُ المحلِّلةُ من الأجسامِ الميتةِ والنفايات، وهي تطلقُ الموادَّ الغذائيةَ التي تحتوي عليها تلك الأجسامُ والنفايات.
- يُسمى المسارُ المنفردُ لانتقالِ الطاقةِ سلسلةً غذائيةً. إن الشبكةَ التي تُظهرُ جميعَ مساراتِ انتقالِ الطاقةِ تُسمى شبكةً غذائية.
- تكونُ السلاسلُ الغذائيةُ قصيرةً بسببِ استخدامِ كميةٍ كبيرةٍ من الطاقةِ عند كلِّ مستوى غذائيّ. وهناك أفرادٌ أقلُّ وكتلةٌ أحيائيةٌ أصغرُ عند المستوياتِ الغذائيةِ العليا.

مفردات

- أكلُ العُشب Herbivore (132)
- آكلُ اللحوم Carnivore (133)
- آكلُ اللحوم والعشب معًا Omnivore (133)
- الإنتاجيةُ الأوليَةُ الإجمالية Gross primary productivity (131)
- الإنتاجيةُ الأوليَةُ الصافية Net primary productivity (131)
- البناءُ الكيميائي Chemosynthesis (131)
- السلسلةُ الغذائية Food chain (134)
- الشبكةُ الغذائية Food web (135)
- الكائنُ الحيُّ المترمّم Detritivore (133)
- الكائنُ الحيُّ المحلّل Decomposer (133)
- الكائنُ الحيُّ المستهلك Consumer (132)
- الكائنُ الحيُّ المنتِج Producer (131)
- الكتلةُ الأحيائية Biomass (131)
- المستوى الغذائي Trophic level (134)

2-8

- يجري تدويرُ الموادِّ، من مثلِ الكربونِ والنيتروجين والماء، ضمنَ النُّظمِ البيئية.
- إن العملياتِ الأساسيةَ الثلاثَ، في دورةِ الماءِ، هي التبخرُ والنتحُ والهطول.
- يمكنُ للقليلِ من الكائناتِ الحيةِ استخدامُ النيتروجين بصورةٍ مباشرةٍ من المحيطِ البيئيِّ. تقومُ البكتيريا المثبِّتةُ للنيتروجين، المتواجدةُ في التربةِ وفي جذورِ النبات، بتحويلِ غازِ النيتروجين إلى أمونيا قابلةٍ للاستخدامِ من قبلِ النباتات.
- البناءُ الضوئيُّ والتنفسُ الخلويُّ هما العمليتانِ الرئيستان لدورةِ الكربون. يضيفُ التنفّسُ الخلويُّ ثانيَ أكسيدِ الكربونِ إلى الجوّ، فيما يقومُ البناءُ الضوئيُّ بنزعِه.
- يقومُ الإنسانُ بالإخلالِ بدورةِ الكربونِ عن طريقِ إحراقِهِ مقاديرَ كبيرةً من الوقودِ الأحفوريِّ والنباتات. يعتقدُ الكثيرُ من العلماءِ أن رفعَ مستوى ثاني أكسيدِ الكربونِ في الجوِّ سيؤدّي إلى رفعِ درجةِ حرارةِ سطحِ الأرض.

مفردات

- البكتيريا المثبّتة للنيتروجين Nitrogen-fixing bacteria (140)
- تثبيتُ النيتروجين Nitrogen fixation (140)
- الدورةُ الأحيائية الجيوكيميائية Biogeochemical cycle (137)
- دورةُ الكربون Carbon cycle (138)
- دورةُ الماء Water cycle (137)
- دورةُ النيتروجين Nitrogen cycle (139)
- عمليةُ إنتاجِ الأمونيا Ammonification (140)
- العمليةُ العاكسةُ للنترتة Denitrification (140)
- المياهُ الجوفية Ground water (137)
- النتح Transpiration (138)
- النترتة Nitrification (140)

3-8

- توجدُ على اليابسةِ سبعةُ أنواعٍ أساسيةٍ للنُّظمِ البيئيةِ تُعرفُ بالأقاليمِ الأحيائية.
- التندرا إقليمٌ أحيائيٌّ باردٌ يتميّزُ بطبقةِ الجمدِ السرمديّ تحت سطحِ الأرض.
- التايغا أدفأُ من التندرا، وهي تتلقى هطولاً أكثرَ، وتغلبُ فيها غاباتُ المخروطيات.
- تنفضُ الأشجارُ النفضيةُ في الغاباتِ المعتدلةِ المناخ جميعَ أوراقِها في فصلِ الخريف.
- تنشأُ الأراضي العشبيةُ المعتدلةُ المناخ في المناطقِ ذاتِ الشتاءِ الباردِ والصيفِ الحار. وتغلبُ في هذه الأراضي الأعشابُ وقطعانُ الماشيةِ المكوّنةُ من الحيواناتِ التي ترعى.
- تتلقى الصحاري أقلَّ من 25 cm من الهطولِ في السنة. ويتصفُ سكانُها بأنماطِ تكيفٍ للحفاظِ على الماء.
- السفانا أراضٍ عُشبيةٌ استوائيةٌ تتناوبُ فيها الفصولُ الرطبةُ والفصولُ الجافّة، وتغلبُ فيها قطعانُ الحيواناتِ التي ترعى.
- تتلقّى الغاباتُ المطيرةُ الاستوائيةُ الكثيرَ من الأمطار، وتتّصفُ بفصلِ نموٍّ للنباتِ يمتدُّ على مدارِ السنة، وهي تحتوي على أنواعٍ من الكائناتِ الحيةِ تفوقُ أيَّ إقليمٍ أحيائيٍّ آخر.

مفردات

- الأرضُ العشبيةُ المعتدلةُ المناخ Temperate grassland (144)
- الإقليمُ الأحيائيَ Biome (141)
- التايغا Taiga (143)
- التندرا Tundra (142)
- السفانا Savanna (145)
- سقفُ الغابة Canopy (146)
- الصحراء Desert (144)
- طبقةُ الجمدِ السرمدي Permafrost (142)
- الغابةُ المطيرةُ الاستوائية Tropical rain forest (145)
- الغابةُ النفضيةُ المعتدلةُ المناخ Temperate deciduous forest (143)
- النبتةُ الملتصقة Epiphyte (146)

8-4 ■ المنطقةُ الضوئيةُ في المحيطِ هي التي تتلقّى الضوء، والمنطقةُ اللاضوئيةُ هي التي لا يصلُ إليها الضوء. توجدُ ثلاثُ مناطقَ رئيسةٍ في المحيط: منطقةُ ما بين المدِّ والجزرِ ومنطقةُ الرفوفِ البحريةِ والمنطقةُ المحيطية.

■ يلزمُ الكائناتِ الحيّةَ، في منطقةِ ما بين المدِّ والجزر، أن تكونَ قادرةً على تحمُّلِ الجفافِ وتلاطمِ الموج.

■ تتلقّى الرفوفُ البحريةُ الموادَّ الغذائيةَ من قعرِ المحيطِ ومن البرّ. إنها أغنى مناطقِ المحيطِ من حيثُ عددُ أنواعِ الكائناتِ الحيّةِ وعددُ الأفراد.

■ قلّةُ الموادِّ الغذائيةِ في المنطقةِ المحيطيةِ يحدُّ من الإنتاجية.

■ منطقةُ مصبّاتِ الأنهارِ في البحارِ هي ذاتُ إنتاجيةٍ مرتفعةٍ جدًّا، تتدفّقُ فيها الأنهارُ والجداولُ إلى داخلِ البحر.

■ مياهُ البحيراتِ القليلةُ الغذاءِ صافية، أما البحيراتُ الكثيرةُ الغذاءِ فغالبًا ما تكونُ مياهُها عكرة.

■ تتميّزُ الأنهارُ والجداولُ بتدرّجٍ في هبوطِها في اتجاهِ البحر.

مفردات

البحيرةُ القليلةُ الغذاء Oligotrophic lake (152)
البحيرةُ الكثيرةُ الغذاء Eutrophic lake (152)
العوالق Plankton (149)
المنطقةُ البحرية Pelagic zone (149)
المنطقةُ الضوئية Photic zone (148)
المنطقةُ القاعية Benthic zone (149)
المنطقةُ اللاضوئية Aphotic zone (148)
المنطقةُ المحيطية Oceanic zone (149)
منطقةُ الرفوفِ البحرية Neritic zone (149)
منطقةُ ما بين المدِّ والجزر Intertidal zone (149)
منطقةُ مصبِّ النهرِ في البحر Estuary (151)

مراجعة

مفردات

بيِّنِ الفرقَ بين المفرداتِ في كلٍّ من الأزواجِ التالية:

1. كائنٌ حيٌّ منتج، كائنٌ حيٌّ محلِّل.
2. الإنتاجيةُ الأوليةُ الإجمالية، الإنتاجيةُ الأوليةُ الصافية.
3. التندرا، التايغا.
4. تثبيتُ النيتروجين، إنتاجُ الأمونيا.
5. الكتلةُ الأحيائية، الإقليمُ الأحيائيّ.

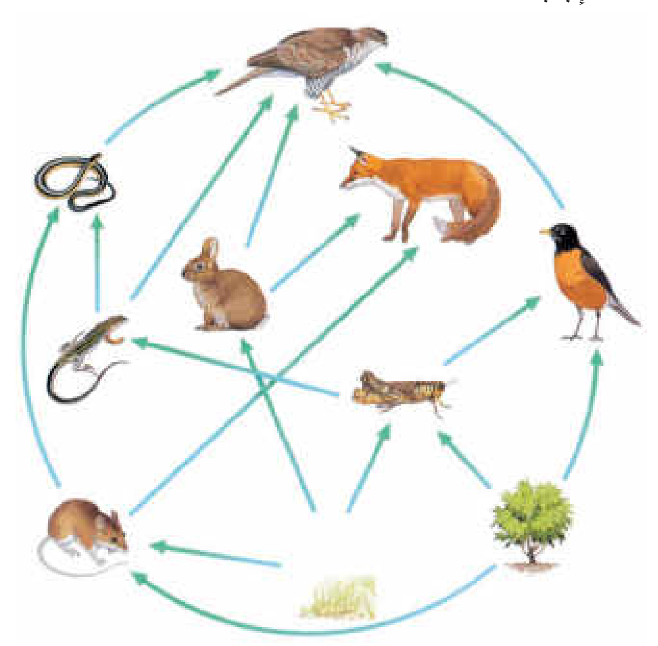
اختيارٌ من متعدِّد

6. إن الكائناتِ الحيّةَ الرئيسةَ المتواجدةَ في النُّظمِ البيئيةِ المائيةِ هي (أ) الطلائعياتُ ذاتُ البناءِ الضوئيّ (ب) البكتيريا ذاتُ البناءِ الكيميائيّ (ج) النباتاتُ المائية (د) الطلائعياتُ غيرُ ذاتيةِ التغذية.
7. تفيدُ الكائناتُ الحيةُ المحلِّلةُ النظامَ البيئيَّ عن طريق (أ) إنتاجِ الطاقة (ب) إعادةِ الموادِّ الغذائيةِ إلى التربة (ج) ضبطِ الجماعةِ الأحيائية (د) إزالةِ الموادِّ السامة.
8. أيٌّ من الكائناتِ الحيةِ التالية، في السفانا الأفريقية، تتوقَّعُ أن يكونَ الأقلَّ وفرةً (أ) العشب (ب) الأسد (ج) الحمارُ الوحشيُّ المخطَّط (د) الجُنْدُب.
9. عيِّن ما هو غيرُ صحيح، مما يلي، في دورةِ النيتروجين.
   (أ) تمتصُّ النباتاتُ غازَ النيتروجينِ بصورةٍ مباشرةٍ من الجوّ.
   (ب) تقومُ البكتيريا بتحويلِ غازِ النيتروجينِ إلى أمونيا.
   (ج) تمتصُّ النباتاتُ الأمونيا من التربة.
   (د) تحصلُ الحيواناتُ على النيتروجينِ عن طريقِ افتراسِ الكائناتِ الحيةِ بعضِها بعضًا.
10. أدّى احتراقُ الوقودِ الأحفوريِّ إلى زيادةِ المستوياتِ الجويةِ (أ) للأمونيا (ب) للنيتروجين (ج) للأكسجين (د) لثاني أُكسيدِ الكربون.
11. السببُ في كونِ الأشجارِ غيرَ موجودةٍ اعتياديًّا في التندرا هو (أ) كونُ آكِلةِ العُشبِ تأكلُها (ب) عدمُ توافرِ ما يكفي من المطرِ لتأمينِ الحياةِ لها (ج) كونُ طبقةِ الجمدِ السرمديِّ يمنعُ نموَّ الجذور (د) غَلَبَةُ العشبِ والشجيرات عليها، فلم يُفسَحْ لها المجالُ في الوجود.
12. ما هو غيرُ الصحيح، في ما يلي، بالنسبةِ إلى الغاباتِ المطيرةِ الاستوائية:
   (أ) تتواجدُ بالقربِ من خطِّ الاستواء.
   (ب) تتصفُ بالوفرةِ بأنواعِ الكائناتِ الحيّةِ بدرجةٍ تفوقُ أيَّ إقليمٍ أحيائيٍّ آخر.
   (ج) تشهدُ تغيراتٍ فصليةً كبيرةً على صعيدِ درجةِ الحرارة.
   (د) تزولُ بصورةٍ سريعة.
13. منطقةُ الرفوفِ البحريةِ (أ) تتلقى الموادَّ الغذائيةَ من البرّ (ب) تتلقى القليلَ من أشعةِ الشمس (ج) تنكشفُ فتتعرضُ للهواءِ عند الجَزْر (د) تؤمِّنُ الحياةَ لعددٍ قليلٍ جدًّا من أنواعِ الكائناتِ الحية.
14. إن مصباتِ الأنهارِ في البحارِ هي من أكثرِ مناطقِ كوكبِ الأرضِ إنتاجيةً، لأنها (أ) مواطنُ لغاباتِ مخروطياتٍ شاسعة (ب) تؤمِّنُ الحياةَ لقطعانٍ كبيرةٍ من آكِلةِ الأعشاب(ج) تتصفُ بمياهٍ ضحلةٍ محمَّلةٍ بالموادِّ الغذائية (د) تؤمِّنُ الحياةَ للعديدِ من الحيواناتِ المفترسةِ الكبيرة.
15. تكونُ مياهُ البحيراتِ الكثيرةُ الغذاءِ (أ) صافية (ب) عكرة (ج) سريعة (د) صغيرة.

إجابةٌ قصيرة

16. وضّح الفرقَ بين آكل العشبِ وآكل اللحوم وآكل اللحومِ والأعشابِ معًا. أعطِ مثالاً على كلّ صنفٍ من هذه الكائناتِ الحية.

17. تفحّصِ الرسمَ التصويريَّ للشبكةِ الغذائيةِ أدناه. كيف تتوقعُ أن تتأثرَ الشبكةُ الغذائيةُ إذا أُزيلَ العشبُ والشجيرات؟ وضّح إجابتك.



18. لماذا تمثّلُ الشبكةُ الغذائيةُ صورةً للعلاقاتِ الغذائيةِ بين الكائناتِ الحية أكملَ من صورةِ السلسلةِ الغذائيةِ ضمنَ نظامٍ بيئيٍّ معيَّن؟

19. بيِّنِ الفرقَ بين المفردتَين: الكائنِ الحيِّ المحلِّلِ والكائنِ الحيِّ المترمِّم.

20. كيف يختلفُ انتقالُ الطاقةِ، في نظامٍ بيئيٍّ، عن نقلِ الموادِّ الغذائية؟

21. ما المنافعُ التي تحققُها البكتيريا المثبِّتةُ للنيتروجين من النباتاتِ التي تسكنُها؟ وماذا يتلقى النباتُ من البكتيريا؟

22. النتحُ مسؤولٌ عن معظمِ فَقْدِ الماءِ من النبات. اشرحِ السببَ الذي يمنعُ النباتاتِ من إغلاقِ ثغورِها لفتراتٍ طويلة.

23. أعطِ سببين لمساهمةِ تدميرِ الغاباتِ المطيرةِ الاستوائيةِ في زيادةِ مستوياتِ ثاني أُكسيدِ الكربونِ في الجوّ.

تفكيرٌ ناقد

1. اشرحْ سببَ قيامِ المزارعين، في غالبِ الأحيان، بزرعِ الحلفا أو البرسيم أو الفاصوليا في الحقولِ بعد أن يكونوا قد زرعوا فيها الذرة.

2. يتمُّ تدويرُ النيتروجينِ والماءِ والكربون، وإعادةُ استخدامِها ضمن نظامٍ بيئيٍّ، على خلافِ الطاقةِ التي لا يتمُّ تدويرُها. اشرحْ لماذا لا يمكنُ تدويرُ الطاقة.

3. يمكنُ لترققِ طبقةِ الأوزون أن يؤديَ إلى خفضِ الجماعاتِ الأحيائيةِ للعوالقِ التي تقومُ بالبناءِ الضوئيِّ في المحيطات. اشرحْ كيف يمكنُ لذلك أن يؤثِّر في دورةِ الكربون.

4. لهذا النوعِ النادرِ من الحبّارِ تكيفاتٌ عديدةٌ من حيثُ العيشُ في المياهِ الشديدةِ العمق. اشرحْ بعضَ درجاتِ الضغطِ الانتقائيةِ التي تتواجدُ في الأعماقِ الكبيرة.



توسيعُ آفاقِ التفكير

1. ادرسْ منطقةً قريبةً من منزلِكَ أو من مدرستِك. ضعْ قائمةً بجميعِ الكائناتِ الحيةِ المستهلِكةِ والمنتجةِ والمحلِّلةِ التي تعاينُها. ارسُمْ شبكةً غذائيةً مستخدمًا الكائناتِ الحيةَ التي لاحظتَها.

2. استخدمِ المراجعَ المكتبيةَ أو المعلوماتِ الأساسيةَ على الإنترنت لإجراءِ بحثٍ حول عمليةِ الإثراءِ الغذائيِّ Eutrophication في البحيرات. ما هذه العملية؟ما الذي يتسببُ بها، وكيف يمكنُها أن تؤثّرَ في الكائناتِ الحيةِ المقيمةِ في البحيرة؟

الفصـــلُ 9

علمُ المحيطِ البيئيّ



الغوريلا نوعٌ من الكائناتِ الحيَةِ تهدِّدُ الجماعةُ الأحيائيةُ المتناميةُ للإنسانِ بقاءَهُ على قيدِ الحياة.

المفهومُ الرئيس: الاعتمادُ المتبادَلُ بين الكائناتِ الحيّة

وأنتَ تقرأُ، لاحظْ كيف تساعدُنا معرفةُ علمِ الأحياءِ في فهمٍ أكبرَ لعملياتِ المحيطِ البيئيّ.

القســـم

1-9

النواتجُ التعليمية

▲ يصفُ طريقتين غيَّر بهما الإنسانُ من تركيب الغطاءِ الجوّي، ويحدّدُ النتائجَ المحتمَلةَ لهذه التغييرات.

الإنسانُ والمحيطُ البيئيّ

تعلّمْتَ في الفصل 8 كيف تؤثّرُ عواملُ المحيطِ البيئيِّ في الكائناتِ الحيةِ ضمنَ نظمٍ بيئيةٍ معيَّنة. قوى المحيطِ البيئيِّ الواسعةُ النطاقِ لها تأثيراتٌ مهمّةٌ في الجماعاتِ الأحيائيةِ للإنسان. وحقلُ الدراسةِ الجديدُ الذي يُدعى علمَ المحيطِ البيئيِّ **Environmental science** يعتمدُ المبادئَ الأحيائيةَ لمعاينةِ العلاقاتِ التي تربطُ بين الإنسانِ والأرض. وتزدادُ أهميةُ علمِ المحيطِ البيئيِّ لأن الإنسانَ يقومُ بتغييرِ المحيطِ البيئيِّ العامِّ للكرةِ الأرضيةِ بوتيرةٍ سريعة.

تأثيراتُ الإنسانِ في نُظُمِ الكرةِ الأرضية

تفحَّص الأمثلةَ التاليةَ لكيفيةِ قيامِ الإنسان، عن غيرِ عمدٍ، بتغييرِ نظمِ الكرةِ الأرضيةِ التي تعتمدُ حياتُنا عليها.

تناقصُ الأوزون

الأوزون O_3 غازٌ ذو مصدرٍ طبيعيّ، وهو حيويٌّ بالنسبةِ إلى الحياةِ على الأرض. يحجبُ الأوزونُ في الطبقةِ الجويةِ العليا، معظمَ الأشعةِ الفوقَ بنفسجيةِ الصادرةِ عن الشمس. تعرُّضُ الإنسانِ للأشعةِ الفوق بنفسجية يزيدُ من نسبةِ إصابتِهِ بسرطانِ الجلدِ وإعتامِ عدسةِ العين Cataract. العديدُ من أصنافِ الموادِّ الكيميائيةِ التي يصنعُها الإنسانُ يتسببُ في إضعافِ طبقةِ الأوزون، مما يسمحُ لكميةٍ أكبرَ من الأشعةِ الفوق بنفسجيةِ ببلوغِ سطحِ الأرض. وأهمُّ تلك الموادِّ الكيميائيةِ التي تحللُ طبقةَ الأوزون تُعرفُ باسمِ **الكلوروفلوروكربون Chlorofluorocarbons** أو **CFCs**. في الأساس، اعتُبرتْ موادُّ الـ CFCs غيرَ مؤذية، وقد استُخدِمتْ كموادَّ للتبريدِ في البرّاداتِ وفي مكيِّفاتِ الهواء، وكموادَّ دافعةٍ في علبِ البخاخ Aerosol spray cans. لكنْ بدءًا من الثمانينياتِ من القرنِ الماضي، دلَّت عملياتُ القياسِ المتعلقةُ بالجوِّ على بعضِ انخفاضاتٍ في منسوباتِ الأوزون تنذِرُ بالخطر. والتدميرُ الأخطرُ الذي أصابَ الأوزونَ حصلَ فوقَ المناطقِ القطبيةِ للأرض. كما أنه يتكونُ، كلَّ سنةٍ ولبضعةِ أسابيعَ «ثقبٌ» في طبقةِ الأوزون، أي بقعةٌ تتدنّى فيها بقوةٍ درجة تركّزِ الأوزون، فوق القطبِ المتجمِّدِ الجنوبيّ، كما هو مبيَّنٌ في الشكل 9-1، وهو ما يجعلُ الإنسانَ يصابُ بسرطانِ الجلدِ وإعتامِ عدسةِ العين. هناك كائناتٌ حيةٌ أخرى، من ضمنها نباتاتٌ وطحالبُ ذاتُ بناءٍ ضوئيّ، يَلحقُ بها الأذى بسببِ المستوياتِ المرتفعةِ من الأشعةِ الفوق بنفسجية، وبهذا يمكنُ لنفاديَّةِ الأوزون أن تغيّرَ في النظمِ البيئيةِ كلِّها مع مرورِ الزمن.

إن أدلَّةَ الضررِ المتفاقمِ والمنتشرِ بشكلٍ واسعٍ، واللاحقِ بطبقةِ الأوزون، دفعَ إلى وضعِ اتفاقاتٍ دوليةٍ تنصُّ على وقفِ إنتاجِ الـ CFCs مع نهايةِ العام 1995. يقدِّرُ عُلماءُ

نشاطٌ عمليٌّ سريع

حسابُ إنتاجِ ثاني أُكسيدِ الكربون

المواد قلم، ورق

الإجراء يمكنُ لشجرةٍ فتية أن تزيلَ 1kg من ثاني أُكسيدِ الكربونِ من الجوِّ، خلالَ سنة واحدة. كلُّ لترٍ واحدٍ من البنزينِ الذي تحرقُهُ السيارةُ ينتجُ 3 kg من ثاني أُكسيدِ الكربون. افترضْ أنك تقومُ برحلةٍ بالسيارة، وأن المسافةَ التي عليك أن تقطعَها هي 250 km وأن سيّارتَكَ تقطعُ مسافةَ 13 km باللترِ الواحدِ من البنزين. احسبْ عددَ الأشجارِ الفتيةِ اللازمةِ كي يزولَ، خلالَ سنةٍ واحدة، ثاني أُكسيدِ الكربونِ الذي أُنتجَ أثناءَ رحلتِكَ المفترضةِ هذه.

التحليل كم شجرةً يلزمُنا لنزيلَ خلالَ عام ثانيَ أكسيدِ الكربون الذي تخلفُهُ مئةُ سيارةٍ تقومُ بالرحلةِ نفسِها وتقطعُ 13 كلم باللترِ الواحدِ من البنزين؟ ناقشْ مع زملاءِ صفِّكَ مسألةَ التأثيرِ المحتملِ لرحلتِكَ على صعيدِ البيئة. ما الطرقُ البديلةُ للتنقلِ التي يمكنُ أن تجعلَ الرحلةَ أفضلَ بالنسبةِ للبيئة؟

المحيطِ البيئيِّ، في حال التقيدِ ببنودِ تلك الاتفاقاتِ أن تبدأَ طبقةُ الأوزونِ بالتكونِ من جديد، وربما عادت إلى ما كانت عليه خلالَ فترةٍ تتراوحُ بين 50 و100 سنة.

تزايدُ ثاني أُكسيدِ الكربون

منذ العام 1850 ارتفعتْ منسوباتُ ثاني أُكسيدِ الكربونِ بنسبةِ 30% تقريبًا، ويبدو أنها تميلُ إلى الازدياد أيضًا مع تنامي استخدامِ العالَمِ للوَقودِ الأحفوريّ. وبحسبِ بعضِ التوقعاتِ المستقبلية، قد تصلُ درجةُ تركزِ ثاني أُكسيدِ الكربونِ في جوِّ الأرضِ، في حدودِ العام 2100، إلى ضعفِ ما كانت عليه سنة 1850.

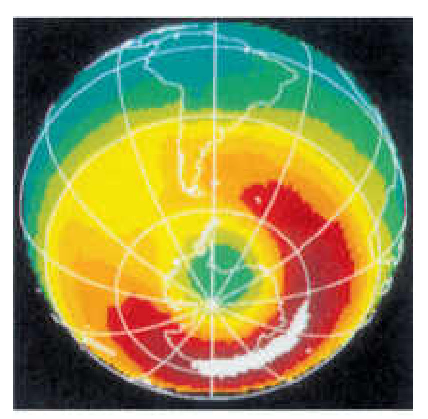
تأثيراتُ ارتفاعِ مستوياتِ ثاني أُكسيدِ الكربون: تأثيرُ ظاهرتَي الدفيئةِ وإحرارِ جوِّ الأرض

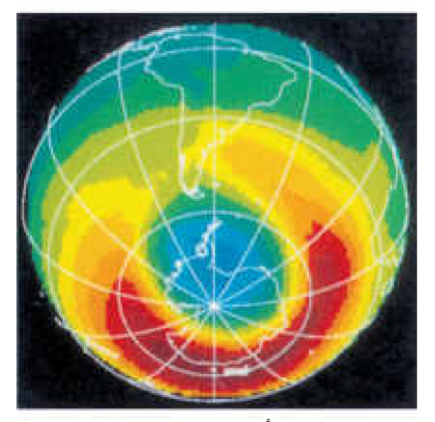
تؤثِّرُ درجةُ تركزِ ثاني أُكسيدِ الكربونِ في الجوِّ، في مقدارِ حرارةِ الشمسِ المحتبَسةِ في الجوّ. وقدرةُ الجوِّ على احتباسِ الحرارةِ تسمى **تأثيرَ ظاهرةِ الدفيئة Greenhouse effect**. وكما ترى في الشكلِ 9-2، يسمحُ زجاجُ الدفيئةِ لأشعةِ الشمسِ بالدخولِ إليها، غيرَ أنه يمنعُ الحرارةَ من الخروج. العمليةُ ذاتُها تحدثُ في السياراتِ المتوقفةِ تحت أشعةِ الشمسِ عندما تكونُ نوافذُها مغلقة.

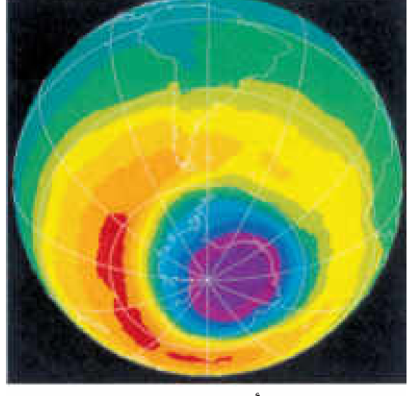
إن الازديادَ السريعَ والحديثَ لثاني أُكسيدِ الكربونِ في الجوِّ تَرافقَ مع ارتفاعِ درجاتِ الحرارةِ في جوِّ الكرةِ الأرضية، وهي ظاهرةٌ تُعرفُ بـ **إحرارِ جوِّ الأرض Global warming**، على نحوِ ما هو مبيَّنٌ في الشكل 9-3. واليومَ، يزيدُ متوسِّطُ درجةِ

الشكل 9-1

هذه الصورُ يتمُّ تحقيقُها بواسطةِ الحاسوبِ الإلكترونيِّ بالاستنادِ إلى عملياتِ قياسٍ تقومُ بها الأقمارُ الاصطناعيةُ لمنسوباتِ الأوزونِ فوق القطبِ المتجمِّدِ الجنوبيِّ.


أكتوبر 1979

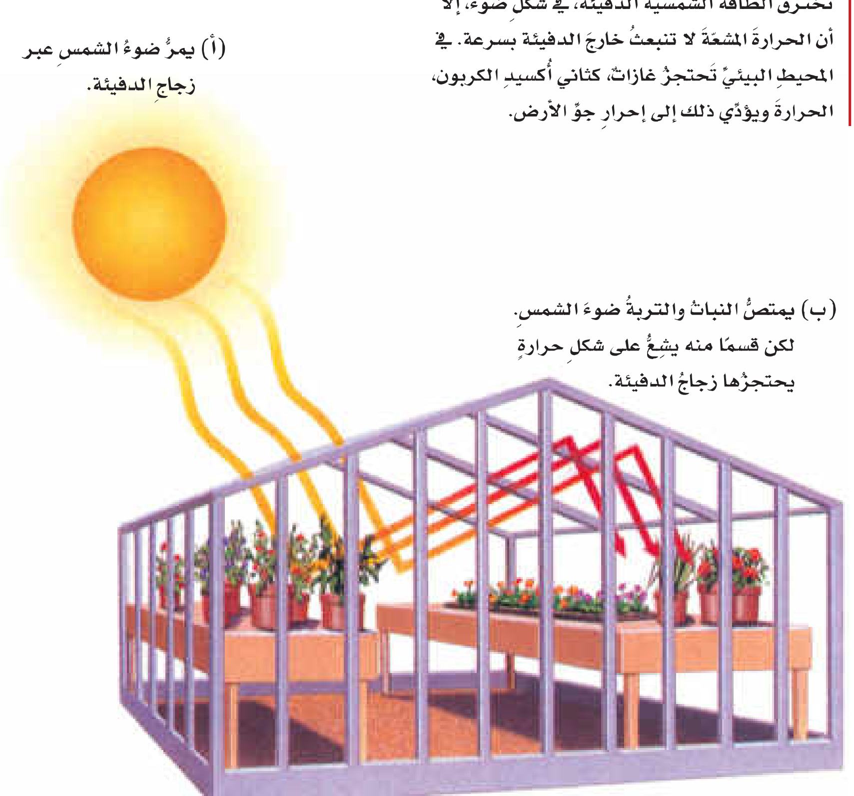

أكتوبر 1988

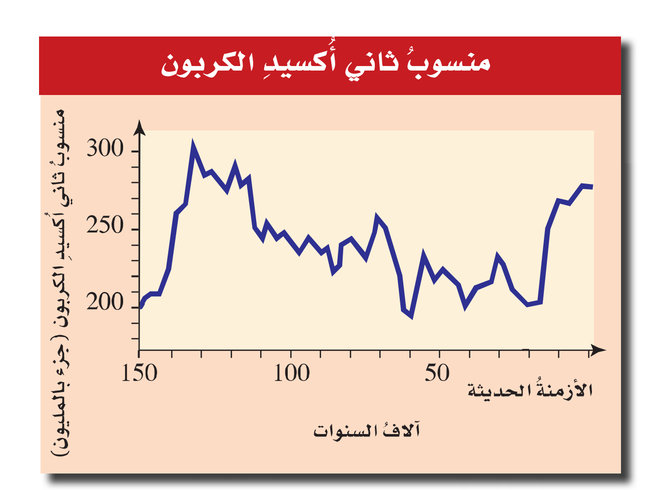

أكتوبر 1996

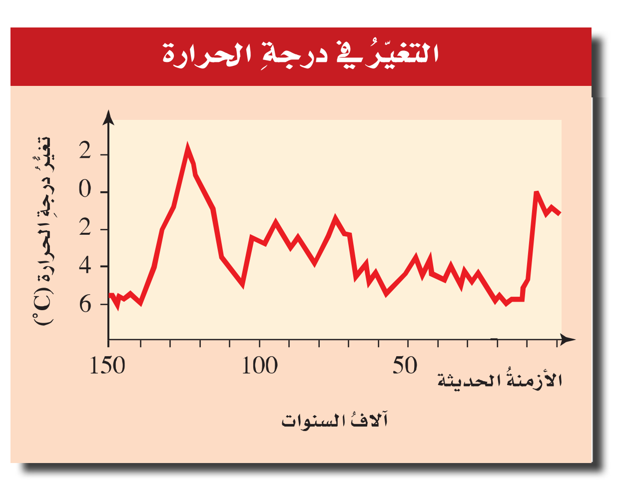
تنامي منسوبِ الأوزون

الشكل 9-2

تخترقُ الطاقةُ الشمسيةُ الدفيئةَ، في شكلِ ضوء، إلا أن الحرارةَ المشعَّةَ لا تنبعثُ خارجَ الدفيئة بسرعة. في المحيطِ البيئيِّ تَحتجزُ غازاتٌ، كثاني أُكسيدِ الكربون، الحرارةَ ويؤدّي ذلك إلى إحرارِ جوِّ الأرض.



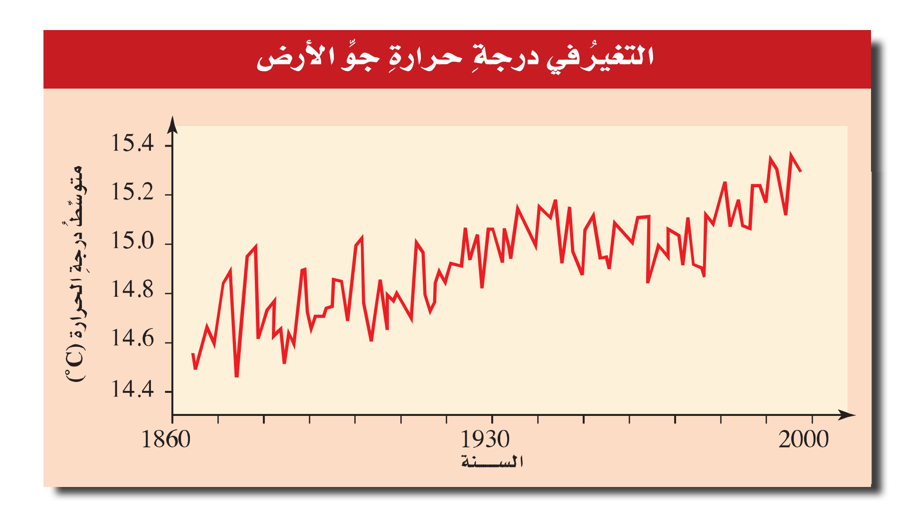




الشكل 9-3

تقدِّمُ هذه الرسومُ البيانيةُ بياناتٍ تمثّلُ 150,000 سنةٍ من التاريخِ المناخيِّ للكرةِ الأرضية. بالرغمِ من أن الترابطَ غيرُ كامل، فإن المنسوباتِ العاليةَ لثاني أُكسيدِ الكربونِ مرتبطةٌ، على العموم، بارتفاعاتِ درجةِ الحرارة، كما أن المنسوباتِ المتدنيةَ مرتبطةٌ بانخفاضاتِ درجةِ الحرارة. أما بالنسبةِ للعامِ 1995، فإن منسوباتِ ثاني أُكسيدِ الكربونِ قد ارتفعتْ بمقدارِ 360 جزءًا بالمليونِ أكثرَ من أيّ رقمٍ قياسيٍّ سابق.

الحرارةِ للكرةِ الأرضيةِ بحوالي 0.6°C عمّا كان عليه في العامِ 1860 كما هو مبيّن في الشكل 9-4. هذا الارتفاعُ في درجةِ الحرارة، يؤثّرُ في أنماطِ هطولِ المطر، وفي رطوبةِ التربة، وفي مستوى مياهِ البحر. ويمكنُ لذلك أن يؤديَ إلى تحويلِ مناطقَ زراعيةٍ من العالمِ إلى حالاتٍ أخرى، ويتسببَ في اضطرابٍ في النظمِ البيئيةِ الطبيعية.



الشكل 9-4

بالرغمِ من التفاوتِ في درجاتِ الحرارةِ من سنةٍ إلى أخرى، نجدُ بشكلٍ واضحٍ أن الكرةَ الأرضيةَ كانت خلالَ الـ 140 سنةً الأخيرة تميلُ إلى كونِها أكثرَ إحرارًا. في تلك الحقبة، ارتفعتْ منسوباتُ ثاني أُكسيدِ الكربونِ بنسبةِ 30% نتيجةً لتزايدِ استخدامِ الوقودِ الأحفوريّ بشكلٍ أساسيّ.

مراجعةُ القسم 9-1

1. كيف أحدثتِ الموادُ CFCs تغيراتٍ في الجوّ؟ كيف يمكنُ لهذه التغيراتِ الطارئةِ أن تؤثّر في أوضاعِ الإنسان؟
2. اشرحْ تأثيرَ ارتفاعِ منسوباتِ ثاني أُكسيدِ الكربون في درجةِ حرارةِ الجو.
3. كيف توصّلَ العلماءُ إلى الاستنتاجِ بأن ارتفاعَ منسوباتِ ثاني أُكسيدِ الكربون قد أدّى إلى ارتفاعِ حرارةِ سطحِ الأرض؟
4. لماذا يهتمُّ العلماءُ بظاهرةِ الدفيئة، مع العلمِ أنها ظاهرةٌ طبيعية؟
5. ما الحسناتُ التي نجنيها إذا استخدمنا الطاقةَ الشمسيةَ بدلاً من الوقودِ الأحفوريّ كمصدرٍ للطاقة؟
6. **تفكيرٌ ناقد** ناقشَ بعضُ العلماءِ الاحتمالَ بأن يؤدّيَ الارتفاعُ في منسوباتِ ثاني أُكسيدِ الكربونِ إلى تزايدٍ في إنتاجِ الغذاء، اشرحِ المنطقَ الذي يقفُ وراءَ هذه الحجةِ وأمثالِها.

القسم

2-9

النواتجُ التعليمية

▲ يحدّدُ التنوعَ الأحيائيَّ ويعرِّفُ ثلاثَ طرقٍ لقياسِه.

● يصفُ أنماطَ التنوعِ الأحيائيِّ في الكرةِ الأرضية.

■ يحدّدُ استراتيجيتين للحفاظِ على التنوّعِ الأحيائيِّ في البلدانِ النامية.

◆ يميّزُ بين الأسبابِ النفعيةِ وغيرِ النفعيةِ للحفاظِ على التنوعِ الأحيائيّ.

أزمةُ التنوُّعِ الأحيائيّ

لاحظَ علماءُ المحيطِ البيئيّ أن الإنسانَ الآن يتسببُ في انقراضِ أنواعٍ من الكائناتِ الحيةِ بصورةٍ أسرعَ بكثيرٍ من ذي قبل. بالرغمِ من أن بعضًا من حالاتِ انقراضِ أنواعِ الكائناتِ الحيةِ أحداثٌ طبيعيةٌ كانت ولا تزالُ جاريةً منذ بدايةِ الحياة. وبما أن الانقراضَ غيرُ انعكاسيّ، فإن علماءَ الأحياءِ يحاولون، وبصورةٍ حثيثة، المزيدَ من التعلّمِ حول إمكانيةِ المحافظةِ على أنواعِ الكائناتِ الحية.

التنوعُ الأحيائيّ

التنوعُ الأحيائيُّ Biodiversity يشيرُ إلى أنواعِ الكائناتِ الحيةِ المتواجدةِ في منطقةٍ معيَّنة. يمكنُ قياسُ التنوعِ الأحيائيِّ بعدةِ طرق. عند النظرِ إلى الشكل 9-5، يبدو من السهلِ القولُ إن الموقعَ أ يتصفُ بتنوّعٍ أحيائيٍّ أكبرَ من التنوعِ في الموقعِ ب، وأقلَّ من التنوعِ في الموقعين ج و د. تذكَّرْ أن عددَ أنواعِ الكائناتِ الحيةِ في منطقةٍ معينةٍ تُسمَّى الوفرةَ في أنواعِ الكائناتِ الحيّة. ففي هذا المثل، تبلغُ الوفرةُ في الأنواعِ 3 في الموقعِ أ، و 1 في الموقعِ ب، و 4 في الموقعِ ج، و 4 في الموقع د. لإجراءِ مقارناتٍ سريعةٍ بين المواقع، يجدُ علماءُ الأحياءِ، في غالبِ الأحيان، أن استقصاءَ الوفرةِ في الأنواعِ هو طريقةٌ مفيدةٌ جدًّا في تقديرِ التنوعِ الأحيائيّ.

والآنَ، قارنْ بين الموقعِ ج والموقعِ د. ففي كلِّ موقعٍ أربعةُ أنواعٍ من العُثّة، إلا أن المجتمعاتِ الأحيائيةَ للعثةِ ليست هي نفسَها. ففي الموقعِ ج ثلاثةُ أفرادٍ من كلِّ نوعٍ من العُثّة، بينما يحتوي الموقُع د على فردٍ واحدٍ من كلٍّ من الأنواعِ الثلاثة، وعلى تسعةِ أفرادٍ من النوعِ الرابع. وعلى الرغمِ من أن الوفرةَ في الأنواعِ أربعة، والعددَ الإجماليَّ

الشكل 9-5

تبيِّنُ اللوحةُ عددَ أفرادِ أربعةِ أنواعٍ من العُثَة، جرى التقاطُها في أربعةِ مواقع.



للأفراد 12 ولم يتغيّرا، فإن علماءَ الأحياءِ يمكنُهم أن يتوقعوا سلوكًا مختلفًا في كلٍّ من المجموعتين الأحيائيتين. وهكذا، غالبًا ما يحددُ علماءُ الأحياءِ عددَ أفرادِ الكائناتِ الحيةِ التي تنتمي إلى كلِّ نوعٍ منها، وهي عمليةُ قياسٍ تُسمى **التكافؤ Evenness**. في المثلِ الذي لدينا، يتصفُ الموقعُ ج بتكافؤٍ أكبرَ من التكافؤ في الموقع د.

في ما يخصُّ المقارناتِ التفصيليةَ بين المجتمعاتِ الأحيائية، يتمُّ التعبيرُ في بعضِ الأحيانِ عن التنوعِ الأحيائيِّ بصورةٍ كمّيةٍ تُسمى تنوّعَ الأنواع (مفهومٌ تمَّ تقديمُهُ في الفصل 7)، وهو يدمجُ الوفرةَ في التنوعِ والتكافؤ.

عمليةُ قياسِ التنوُّعِ الأحيائيِّ للأرض

يقدِّرُ العلماءُ عددَ أنواعِ الكائناتِ الحيةِ على الأرضِ بحوالي 10 ملايين وأحيانًا بـ 30 مليونًا. أما الأنواعُ التي تمَّ تعريفُها ووصفُها فتبلغُ حوالي 3 ملايين. يركِّزُ العلماء على الثديياتِ إلا أنها جزءٌ صغيرٌ جدًّا من التنوعِ الأحيائيّ. أمّا الحشراتُ والنباتاتُ فهي أكثرُ تمثيلاً بكثير في التنوعِ الأحيائي، كما هو مبيَّنٌ في الشكل 9-6.

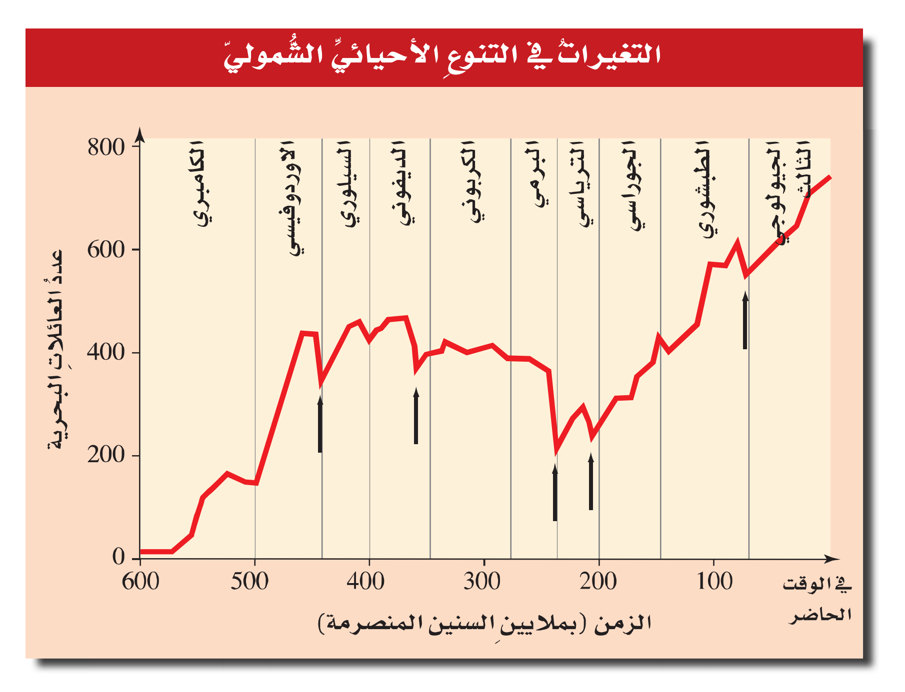
خفضُ التنوعِ الأحيائيّ

يمكنُكَ أن تلاحظَ، من خلالِ الشكل 9-7، أننا نعايشُ فترةً من التنوعِ الأحيائيِّ الكبير، إلا أننا نعايشُ أيضًا فترةَ انقراضٍ شديدِ السرعة. يقدِّرُ علماءُ الأحياءِ أن حوالي 20% من الأنواعِ الحاليةِ للكائناتِ الحيةِ قد يصبحُ منقرضًا في حدودِ العام 2030. إن الخطرَ الأكبرَ الذي يتهددُ التنوعَ الأحيائيَّ هو التدميرُ السريعُ للمَواطنِ البيئيةِ الطبيعية، بالرغمِ من أنَّ هدفَهُ تأمينُ حاجاتِ ومتطلباتِ الجماعةِ الأحيائيةِ المتناميةِ للإنسان. وعلى العموم، يقومُ الإنسانُ بتحويلِ النُّظُمِ البيئيةِ المعقَّدةِ التي تكفي نفسَها بنفسِها، إلى نُظمٍ مبسَّطةٍ على مثالِ المزارعِ والمدنِ التي لا تمدُّ هذا الكمَّ من أنواعِ الكائناتِ الحيةِ بالحياة.

الشكل 9-6

يبيّنُ الرسمُ الوفرةَ في الأنواعِ المعروفةِ على الأرض مع الرسومِ التمثيليةِ ذاتِ القياسِ المتناسبِ مع وفرةِ الأنواعِ المذكورة. ينصَبُّ اهتمامُ الإنسانِ على الثدييّاتِ من الحيوانات، بالرغمِ من وجودِ أنواعٍ أخرى تفوقُ الثدييّاتِ عددًا، نعني الحشراتِ والنباتات.





الشكل 9-7
يُظهِرُ هذا الرسمُ البيانيُّ تغيّراتِ التنوّعِ الأحيائيّ، التي جرى قياسُها من خلال تعداد العائلاتِ في الكائناتِ الحيةِ البحرية على مرِّ الزمن. في الوقتِ الحاضر، التنوعُ الأحيائيُّ مرتفعٌ. تشيرُ الأسهمُ إلى الحالاتِ الخمس المعروفة من الانقراض الجماعيِّ للأنواعِ عبر التاريخ، وهناك انقراضٌ سادسٌ هو في طورِ الحدوثِ نتيجةً لأنشطةِ الإنسان.

جذرُ الكلمةِ وأصلُها

النفعية

Utilitarian

من اللاتينيةِ Utilitas وتعني «نافع».

أهميـةُ التنـوعِ الأحـيائيّ

تُعرفُ إحدى وسائلِ تقديرِ التنوعِ الأحيائي **بالقيمة النفعية Utilitarian value**، وهي تشمل التفكيرَ في العوائدِ الاقتصاديةِ التي يؤمِّنُها التنوعُ الأحيائيُّ للإنسان. فعلى سبيل المثال، يمكنُ القيامُ بجمعِ نباتاتٍ وحيواناتٍ مختلفةٍ كموادَّ غذائية، كما يمكنُ قطعُ الأشجارِ لصناعةِ الأخشابِ وبناءِ المنازلِ وتأمينِ الوقود. وجديرٌ بالذكرِ أن بعضَ الأنواعِ الأحيائيةِ ذاتُ قيمةٍ كبيرةٍ كمصادرَ للأدوية.

وهناك طريقةٌ أخرى لتقديرِ أهميةِ التنوعِ الأحيائيّ، وهي تكمنُ في **القيمةِ غيرِ النفعية Nonutilitarian value**. بعضُ الناسِ يعتقدون، في الأساس، بأن للأشكالِ الحياتيةِ قيمتَها لمجردِ أنها موجودة، وبصرفِ النظرِ عن أيِّ استخدامٍ لها من قِبَلِ الإنسان.

مراجعةُ القسم 9-2

1. اشرحِ الاختلافَ بين الوفرةِ في الأنواعِ والتكافؤ.
2. كم نوعًا من الكائناتِ الحيةِ يوجدُ الآن؟
3. اذكرْ ثلاثةَ استخداماتٍ نفعيةٍ للتنوعِ الأحيائيّ.
4. ما الخطرُ الأكبرُ الذي يتهددُ التنوعَ الأحيائيّ؟
5. أعطِ مثلين على استخدامٍ غيرِ نفعيٍّ للتنوعِ الأحيائي.
6. **تفكيرٌ ناقد** أوضحْ لماذا كانتِ المحافظةُ على الوفرةِ في التنوعِ ضروريةً للحفاظِ على التنوعِ الأحيائيّ، في المدى البعيد.

القسم

3-9

النواتجُ التعليمية

▲ يميِّزُ بين علم أحياءِ الحفاظِ على الكائناتِ الحيةِ وعلم إعادةِ إحياءِ النُّظم البيئية.

● يصفُ الجهودَ الحالية المبذولةَ لحمايةِ الطيور المهاجرة.

 يناقشُ المبادئَ الأحيائيةَ والمسائلَ الاجتماعيةَ المرتبطةَ بإعادةِ إدخالِ المها والذئب.

◆ يشرحُ خطةَ إعادةِ إحياءِ النظامِ البيئيِّ الأحيائيِّ في منطقةِ الأهوارِ في جنوبِ العراق.

الإجراءاتُ الواجبُ اتّخاذُها

بالرغمِ من أن علماءَ الأحياء بدأوا حديثًا يتعلمونَ كيف تعملُ الطبيعة، نجدُهم الآنَ مدعوّينَ إلى المساعدةِ في حمايةِ الحياةِ البريةِ المهدَّدةِ وإلى إعادةِ إحياءِ النُّظم فيها . فقد أنتجَ العلم، واهتمامُ الرأيِ العامِّ والمساهماتُ الجديدة، العديدَ من الأعمالِ الناجحةِ في مجالِ المحيطِ البيئيّ. يمكنُكَ أنتَ كذلك المشاركةُ في هذا المجال. وبفضلِ وعيك لشؤونِ المحيطِ البيئيِّ المحلّيِّ الخاصِّ بك، يمكنُك أن تساهمَ في ما يقومُ به المجتمعُ الأحيائيُّ للإنسان من معالجةٍ للمسائلِ الخاصةِ بالكرةِ الأرضية.

علمُ أحياءِ الحفاظِ على الكائناتِ الحيةِ وإعادةِ إحياءِ النُّظمِ البيئيَّة

مع ازديادِ عددِ أفرادِ الجماعةِ الأحيائيةِ للإنسان ازدادَ تأثيرُها في النُّظم البيئية. فقد ازدادَ معدَّلُ انقراضِ أنواعٍ عديدةٍ من الكائناتِ الحيةِ بسببِ نشاطاتِ الإنسانِ المختلفة. من ذلك القضاءُ على الحيواناتِ المفترسة، والصيدُ الجائر، وتغييرُ منسوباتِ مياهِ البحيراتِ والأنهار، وتدميرُ النظمِ البيئيةِ الطبيعيةِ من أجل استعمالِ مواقعِها في الإنشاءاتِ والأغراضِ العمرانيةِ المختلفة. هذه الأنشطةُ وأمثالُها تؤدّي إلى فقدانِ التنوعِ الأحيائيِّ والإخلالِ الكبيرِ باستقرارِ الطبيعة.

فالمطلوبُ من علماءِ الأحياءِ خططٌ لحمايةِ وإدارةِ المناطقِ المتبقّيةِ التي لا زالتْ تحتفظُ بالكثيرِ من التنوعِ الأحيائي. هناك فرعٌ علميٌّ جديدٌ يدعى **علمَ أحياءِ الحفاظِ على الكائناتِ الحية Conservation Biology**، يبحثُ في تحديدِ المناطقِ الطبيعيةِ التي تحتاجُ إلى حماية. في المناطقِ التي تتصف بتفاقمِ تأثيرِ الإنسانِ عليها، كالمناطقِ الزراعية، والمناطقِ التي سوِّيَتْ فيها الأرضُ بفعلِ تعدينٍ سابق، والأراضي الرطبةِ التي جُفِّفت، يمكنُ لعلماءِ الأحياءِ أن يلجأوا إلى قلبِ التغيراتِ الرئيسةِ فيها رأسًا على عقب واستبدالِ المكوِّناتِ المفقودةِ لنظامٍ بيئيٍّ محدَّد. فعلى سبيل المثال، إن تحويلَ منطقةٍ سوَّاها التعدينُ أراضيَ عشبيةً متجددةً قد يتطلبُ الأمرُ إعادةَ تشكيلِ لسطحِها، وإدخالَ البكتيريا إلى التربة، وزرعَ النباتاتِ العشبيةِ والشجيرات، واعتمادَ إشعالِ الحرائقِ على فتراتٍ زمنيةٍ منتظمة بقصدِ تأمينِ نموِّ النبات. إن معالجةَ حالةٍ صعبةٍ ودقيقةٍ كهذه يُسمّى **علمَ أحياءِ إعادةِ إحياءِ النُّظمِ البيئية Restoration Biology**.

لنطَّلِعْ على ثلاثةِ أمثلةٍ من علمِ أحياءِ الحفاظِ على الكائناتِ الحيةِ وإعادةِ إحياءِ النُّظمِ البيئية هي: حمايةُ الطيورِ المهاجرة، وإعادةُ إدخالِ المها إلى الصحراءِ العربيةِ والذئبِ الرماديِّ إلى منتزَهِ يلوستون Yellowstone الوطنيِّ في الولاياتِ المتحدةِ الأميركية، ومشروعُ إعادةِ إحياءِ النظامِ البيئيِّ لمنطقةِ الأهوارِ في جنوبِ العراق.



الشكل 9-8

كلَّ خريفٍ يهاجرُ هذا الطيرُ قاطعًا مسافةً تزيدُ عن 2,500 km نحو جنوب الكرة الأرضية، ليصلَ إلى الأراضي التي يقضي فيها فصلَ الشتاء.

حمايةُ الطيورِ المهاجرة

تستغلُّ الطيورُ المهاجرةُ الأيامَ الطويلةَ والفرائسَ الوفيرةَ في التندرا الشماليةِ والنُّظُمَ البيئيةَ للغابات، لتتكاثرَ وتقومَ بتربيةِ صغارِها. بعدئذ، وفيما يقتربُ فصلُ الخريف وينخفضُ الإمدادُ بالغذاء، تطيرُ جنوبًا نحو نُظُمٍ بيئيةٍ أكثرَ دفئًا ويَسَعُها أن تستقبلَها وتؤمِّنَ لها شروطَ الحياةِ في الأشهرِ التي لا تتكاثرُ فيها. هناك حوالي 5 بلايينِ طيرٍ تعتمدُ على توافرِ الموطنِ البيئيِّ الملائمِ لها عند كل طرفٍ من رحلةِ هجرتِها. تميلُ معظمُ **الطيورِ المهاجرةِ Migratory birds** إلى سلوكِ طرقِ الاتجاه الشماليِّ - الجنوبيِّ بصورةٍ عامةٍ، وبموازاةِ الأنهارِ والجبالِ والشواطئ. تعرفُ هذه الطرقُ **بخطوطِ الطيرانِ Flyways**. تطيرُ بعضُ الطيور، كالطيرِ المغرِّد، المبيَّن في الشكل 9-8، على طولِ الخطوطِ الشاطئيةِ أو فوقَ اليابسةِ، وتتوقفُ عدةَ مراتٍ للتزودِ بالغذاءِ أو لأخذِ قسطٍ من الراحة.

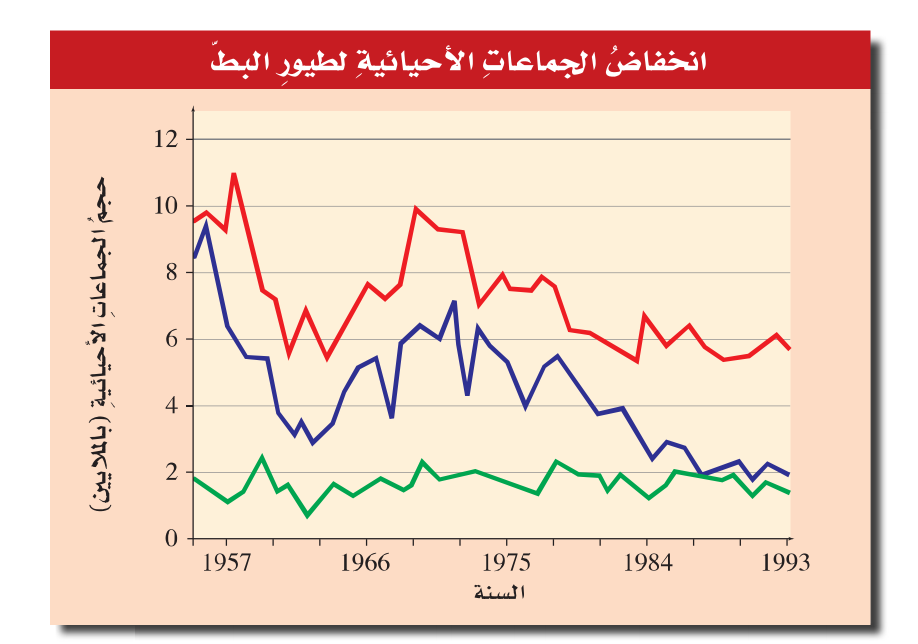
خلال السنواتِ القليلة المنصرمة، جمعَ العلماءُ، بمساعدةِ محبِّي الاستجمام في الطبيعةِ كالصيادينَ ومراقبي الطيور، معلوماتٍ قيِّمةً حول الانخفاضِ في عديد الجماعاتِ الأحيائيةِ لبعضِ الطيورِ المهاجرة، من ضمنِها البطُّ والطيورُ الشاطئيةُ والطيورُ المغرِّدة. كان عددُ طيورِ البطِّ المسجَّلُ في سنةِ 1993 في الولاياتِ المتحدةِ الأميركية، عند حدِّه الأدنى منذ البَدْءِ بعمليةِ الاستطلاعِ عامَ 1955، على النحو المبيَّنِ في الشكل 9-9. وقد تميزتْ هذه الفترةُ بفقدِ ما بين 60% و 90% من الأراضي العشبيةِ الرطبة، وما يزيدُ عن 50% من كلِّ الأراضي الرطبةِ في الولاياتِ المتحدة.

وحين لا يتوفرُ الغذاءُ أو المسكنُ خلالَ الرحلة، أو عندَ نقطةِ الوصول، يمكنُ للطيورِ المهاجرةِ ألا تتكاثرَ وحتى أن تهلِك.

ابتداءً من شهرِ سبتمبر، وحتى نوفمبر، تهاجرُ الصقورُ التي أمضتْ فصلَ الصيفِ في وسطِ أوروبا وشرقِ آسيا في اتجاهِ الجنوب، أي نحوَ شبهِ الجزيرةِ العربيةِ حيث المناخُ أكثرُ دفئًا في فصلِ الشتاء. وفي شهرِ مارسَ أو أبريلَ يصبحُ الجوُّ حارًّا فيحدُّ من قدرةِ الصقورِ على الطيران. تهاجرُ الصقور في هذا الوقتِ شمالاً عائدةً إلى أوروبا وآسيا لتنعمَ بصيفٍ ذي حرارةٍ أدنى. تمرُّ الصقورُ أثناءَ هجرتِها بمحاذاةِ الخليجِ العربيّ.

إنقاذُ الموطنِ البيئيِّ ذي الوضعِ الدقيق

مع توافرِ المزيدِ من المعرفةِ حولَ خطوطِ الطيرانِ المفضَّلةِ للطيورِ المهاجرة، وحول موطنِها البيئيِّ ومتطلَّباتِها الغذائية، قام علماءُ الأحياءِ بتقديمِ العونِ من خلالِ اقتراحِ إقامةِ محميَّاتٍ للحياةِ البرية في أمكنةٍ ذاتِ وضعٍ دقيقٍ على طولِ خطوطِ الهجرة. وتكونُ هذه المحميَّات أيضًا بمثابةِ مواطنَ للعديدِ من أنواعِ الثديياتِ والزواحفِ والبرمائيّاتِ والأسماك، بالإضافةِ إلى ثلثِ الأنواعِ الواردةِ في لوائحِ الأنواعِ المهدَّدة والمعرَّضة للانقراض. علمًا بأن قطعَ الغابات، وتنفيذَ المشاريعِ الشاطئيةِ يظلانِ بمثابةِ التهديدِ الأساسيِّ للطيورِ المهاجرةِ في تلك المناطق.



الشكل 9-9

أُحصيتْ في الولاياتِ المتحدة، أعدادُ أفرادِ الجماعاتِ الأحيائيةِ لطيورِ البطّ، فأشارتِ الإحصاءاتُ إلى حصولِ انخفاضٍ في عددِ بعضِ الأنواعِ على المدى البعيد.

إعادةُ إدخالِ المها والذئب

لقد اختفى آخرُ قطيعٍ بَرّيٍّ من المها العربيِّ سنةَ 1972، بسببِ الصيدِ العشوائيِّ وغزوِ السياراتِ الحديثةِ لمواطنِهِ في الصحراء. كان هذا الحيوانُ، الظاهرُ في الشكل 9-10، يقطنُ المنطقةَ العربيةَ بكثرةٍ على مرِّ العصور. في العام 1962 تمَّ نقلُ تسعةِ رؤوسٍ من المها إلى حديقةِ الحيواناتِ في مدينةِ فينيكسَ الأميركية، حيث تكاثرتْ في الأَسْر، حتى وصلَ عددُها، عام 1976 إلى 105. وبلغتْ جهودُ الحمايةِ أوجَها حينَ استقدمَ رئيسُ دولةِ الإماراتِ العربيةِ المتحدة آنذاك الشيخُ زايدُ بنُ سلطانَ آلِ نهيّان، عشرينَ رأسًا من المها إلى أبو ظبي. وتأمَّنتْ لها الرعايةُ في المحمياتِ بإشرافٍ شخصيٍّ منه، حتى جاوزَ عددُها، أخيرًا، ألفَ رأس. وهناك برنامجٌ للمباشرةِ في إطلاقِها في الطبيعة، لتعودَ إلى موائلِها الأصلية.

أمّا الذئبُ الرماديُّ، المبيَّنُ في الشكل 9-11، فكان متواجدًا، في الأصل، في معظمِ أرجاءِ الولاياتِ المتحدة. وإلى ما يقاربُ القرن، كان يجري اصطيادُ الذئابِ عن طريقِ إطلاقِ النارِ عليها أو عن طريقِ الأفخاخ، أو بتسميمِها على أيدي أناسٍ كانوا يخافونَ منها على سلامةِ أنفسهم أو يريدونَ حمايةَ ماشيتِهم. أما اليومَ، فيمثِّلُ الذئبُ نوعًا حيوانيًّا معرّضًا للانقراض، ويقعُ تحت الحمايةِ القانونية. بعضُ المزارعينَ يجدون في الذئابِ تهديدًا لعيشِهم. بينما يمثِّلُ الذئبُ، بالنسبةِ إلى عالِمِ الأحياء، آكلَ لحومٍ ممتاز تتعلقُ به ديناميةُ أنواعٍ من الفرائس كبعضِ أنواعِ الإيَّل. لذا أصبحَ اليومَ علماءُ الأحياءِ المختصونَ بإعادةِ إحياءِ النُّظمِ البيئيةِ مهتمينَ بإعادةِ إدخالِ الذئابِ إلى منتزهِ يلوستون Yellowstone الوطنيّ، لأن الذئابَ مثَّلتْ في السنواتِ الستينَ المنصرمة، الضواريَ الممتازةَ بالنسبةِ إلى الغزالِ وأنواعٍ من الإيَّل. كانت الجماعاتُ الأحيائيةُ لأنواعٍ من الإيَّلِ قد نمتْ مع إبادةِ الذئبِ بشكلٍ مُطَّرِد، حتى تخطَّتْ أو كادت تتخطى قدرةَ الإعالة. لهذا برزَ اقتراحٌ بإعادةِ إدخالِ الذئبِ لأجلِ المساعدةِ في ضبطِ أعدادِ هذا الإيَّل.



الشكل 9-10

كان المها العربيُّ يعيشُ في أجزاءٍ كثيرةٍ في الصحراءِ العربية. غيرَ أن اصطيادَهُ من أجلِ لحمِهِ وجلدِهِ أدّى إلى انقراضِهِ من المناطقِ البرية، ولم يبقَ منهُ إلا الأعدادُ القليلةُ في المحمياتِ والحدائقِ والمنتزهات.



الشكل 9-11

الذئبُ الرماديُّ نوعٌ من الكائناتِ الحيةِ المهددةِ بالانقراض. يزنُ الذئبُ حوالي 50 kg، ويبلغُ طولُه من أنفِهِ إلى طرفِ ذيلِهِ حوالي مترين.

مشروعُ إعادةِ إحياءِ النظامِ البيئيِّ لمنطقةِ الأهوارِ في جنوبِ العراق

«المَعَدّانُ» هم السكانُ العربُ الذين يعيشونَ في منطقةِ مستنقعاتِ جنوبيِّ العراق، في منطقةِ الأهوار ما بين دجلةَ والفرات. في العامِ 1991، كان عددُ سكانِ هذه المنطقة 250,000، فلم يبقَ منهم اليومَ سوى 20,000. السكانُ الذينَ غادروا توجهوا إلى ضواحي بغدادَ والبصرةِ وإلى إيرانَ المجاورة. كانت الطيورُ والأسماكُ متوافرةً بكثرة، وكانت محاصيلُ الأرزِّ والقمحِ استثنائية. جرى بناءُ سدودٍ على نهرَيْ دجلةَ والفراتِ بين العامينِ 1991 و 1993، فأدّى ذلك إلى تجفيفٍ خطيرٍ للمستنقعات، كما هو مبيَّن في الشكل 9-12. والمكانُ الوحيدُ الذي لا يزالُ ممكنًا الحصولُ منه على المياهِ بوفرة هو قناةُ منطقةِ الأهوارِ، التي تحملُ اسمَ قناة الفُرَيْجات. لقد تقلصتْ مساحةُ فردوسِ «المَعَدّان» من $12{,}000\ km^2$ إلى $1{,}200\ km^2$ لا غير. كل هذا دفعَ بالطيورِ التي تتمثلُ في النسور، والإوزِّ البريّ، وطائرِ البلشونِ الأبيض، ومالكِ الحزين، وغيرِها، إلى المغادرةِ نحو مناطقَ أخرى، وأدّى ذلك أيضًا إلى انقراضِ بعضِ الحيواناتِ المائيةِ الفريدةِ من نوعِها. كان الغرضُ من بناءِ السدودِ وتجفيفِ المستنقعاتِ، تأمينَ الريِّ عبرَ الأقنيةِ بصورةٍ منهجية. وربما عاد ذلك التناقصُ أيضًا إلى كونِ «المَعَدّانِ» يعانونَ من تفشي أمراضِ الإسهالِ والديدانِ الطفيليةِ والبلهارسيا، بالإضافةِ إلى تعرضِّهم لهجماتِ الحيواناتِ البريّة.

بعد فتحِ بواباتِ بعضِ السدود، عاد القصبُ إلى الاستيطانِ في بعضِ المستنقعات، ويجري استخدامُهُ لبناءِ المنازل، كما يقومُ الجاموسُ بالغطسِ في ماءِ المستنقعاتِ ليقيَ نفسَهُ من الحرِّ الشديد. إلا أن بعضَ المسؤولينَ يقولون: هذه المناطقُ لن تعودَ كما كانت في سابقِ عهدِها في الخمسينياتِ والستينياتِ من القرنِ الماضي.

الشكل 9-12
(أ) منطقةُ المستنقعاتِ في الأهوارِ قبلَ تجفيفِها،
(ب) وبعد تجفيفِها.

(ب)

(أ)



كيفَ يصبحُ المرءُ معنيًّا بالشأنِ البيئيّ

من المهمِّ أن يصبحَ الأفرادُ معنيينَ بالمحافظةِ على البيئة، وأفضلُ مكانٍ للبدءِ بذلك هو المنزل. تتمثلُ الخطوةُ الأولى في تعرفكَ إلى محيطِكَ البيئيِّ المحليّ، فتطبِّقُ، مثلاً، الأمورَ التاليةَ على المكانِ الذي تعيشُ فيه:

1. سمِّ خمسةَ نباتاتٍ محلِّية، وحدِّدْ مواسمَها. هل يمكنُ استخدامُها في مجالِ تنظيمِ المناظرِ الأرضيةِ للمساكنِ **Landscaping** أو أماكنِ العمل؟
2. سمِّ خمسةَ طيورٍ مقيمة، وخمسةَ طيورٍ مهاجرة. هل تتوافرُ أيُّ قوانينَ خاصةٍ لحمايتِها؟
3. سمِّ محصولينِ زراعيينِ رئيسين. كيفَ يحصُلُ الفلاحونَ أو أصحابُ المزارعِ على الماءِ لمحاصيلِهم أو لقُطعانِ الماشية؟
4. ارسُمْ مسارَ المياهِ التي تستعمِلُها، بادئًا بالمكانِ الذي تحصلُ فيه الهطول، منتهيًا بالصنبورِ الذي ينسابُ منه الماءُ عندكم. إلى أينَ تتجهُ المياهُ بعد أن تستعمِلَها؟ كيف تتمُّ معالجتُها؟
5. سمِّ ثلاثةَ أنواعٍ من الكائناتِ الحيةِ المعرَّضةِ للانقراضِ في منطقتِك. إذا كان أحدُها قد انقرض، اذكرْ سببَ ذلك.
6. ارسمْ مسارَ النفاياتِ بعدَ تجميعِها. هل الجهازُ الصحيُّ في منطقتِكَ يدعَمُ إعادةَ التدوير؟
7. صفِ العملياتِ الجيولوجيةَ الأوّليةَ التي ساعدتْ في تكوينِ الأراضي التي تعيشُ فيها. إذا كانتِ المياهُ، أو الرياحُ، أو الأنهارُ الجليدية، أو البراكينُ هي التي أعطتِ الأرضَ تضاريسَها وشكلَها، فهل ما يزالُ بعضُ هذه العواملِ يساهمُ في التغيرِ الجيولوجيّ؟
8. اذكرِ اسمينِ وعنوانينِ لجمعيتينِ غيرِ رسميتين، تابعتينِ لحمايةِ البيئة، وناشطتينِ في منطقتِك. هل تسمحانِ لك بالعملِ كمتطوّع؟

يقودُكَ بحثُ هذه المسائلِ إلى بلورةِ أفكارِك الخاصةِ حولَ ما يمكنُك أن تفعلَه لحمايةِ التنوعِ الأحيائيّ، أو للحفاظِ على الكمالِ البيئيِّ في منطقتِك. حقلُ العملِ البيئيِّ الجديد، الذي يُسمى **علمَ بيئةِ المدن Urban ecology**، يهمُّ الأشخاصَ الذين تحفِّزُهم مسألةُ تحقيقِ زيادةٍ في التنوّعِ الأحيائيِّ في أكثرِ المناطقِ تطورًا ونموًّا. إحدى النواحي التي يقودُ إليها هذا التحفيزُ هي توظيفُهُ في ازدهارِ **السياحةِ البيئية Ecotourism** التي تؤمِّنُ مردودًا ماليًّا يزيدُ من حظوظِ تحقيقِ الزيادةِ في التنوع.

مراجعةُ القسمِ 9-3

1. ما وجهُ الاختلافِ بين علمِ أحياءِ الحفاظِ على الكائناتِ الحيةِ وعلمِ أحياءِ إعادةِ إحياءِ النظمِ البيئية؟ ما أوجهُ الشبهِ بينهما؟
2. لماذا تدنَّى عددُ أفرادِ بعضِ الجماعاتِ الأحيائيةِ للطيورِ المهاجرة؟
3. ما الأهميةُ في إعادةِ المها إلى الخليجِ العربيّ؟
4. ما السببُ الرئيسُ الذي دفعَ علماءَ الأحياءِ إلى إعادةِ إدخالِ الذئبِ الرماديِّ إلى منتزهِ يلوستونَ الوطنيّ؟
5. كيف أدّى تجفيفُ مستنقعاتِ الأهوارِ في العراقِ إلى مشاكلَ بيئية؟
6. **تفكيرٌ ناقد** ما المنافعُ التي يمكنُ أن يجنيَها الناسُ الذين يعيشونَ بالقربِ من منتزهِ يلوستونَ الوطنيِّ بإعادةِ إدخالِ الذئابِ إلى المنتزه؟

مراجعة الفصل 9

ملخص / مفردات

1-9

- أثَّرت أعمالُ الإنسان، خلال فترةٍ قصيرة، في النُّظم البيئيةِ للكرة الأرضية، ومن ضمن ذلك تأثيرُها في تركيبِ الجوّ، لما تسببت به من خفضٍ لمنسوباتِ الأوزون ورفعِ منسوباتِ ثاني أُكسيدِ الكربون.
- تتسببُ الموادُّ الكيميائيةُ الصناعيةُ، المسمّاةُ CFCs في تدميرِ طبقةِ الأوزون. وقد جرى توقيعُ معاهدةٍ لحظرِ إنتاجِ هذه الموادّ.
- بالاستنادِ إلى نتائجِ استخدامِ الحاسوبِ في وضعِ نماذجَ للجوِّ، توصلتْ غالبيةٌ كبيرةٌ من العلماءِ إلى الاستنتاجِ بأن ارتفاعَ منسوباتِ ثاني أُكسيدِ الكربون قد أدَّى إلى ارتفاعٍ في درجاتِ الحرارةِ فوق سطحِ الأرض. يتوقعُ العلماءُ أنْ تواصلَ درجاتُ الحرارةِ ارتفاعَها مع التزايدِ في استخدامِ الوقودِ الأحفوريِّ وارتفاعِ منسوباتِ ثاني أُكسيدِ الكربون.

مفردات

- إحرارُ جوِّ الأرض (158) Global warming
- تأثيرُ ظاهرةِ الدفيئة (158) Greenhouse effect
- علمُ المحيطِ البيئيِّ (157) Environmental science
- كلوروفلوروكربون (157) Chlorofluorocarbons

2-9

- نعني بالتنوعِ الأحيائيِّ أنواعَ الحياةِ في منطقةٍ معيّنة. ويمكنُ قياسُ التنوّعِ الأحيائيِّ بطرقٍ مختلفة، منها قياسُ الوفرةِ في أنواعِ الكائناتِ الحية، وقياسُ التكافؤ.
- يقدِّرُ العلماءُ وجودَ ما لا يقلُّ عن 10 ملايين نوعٍ من الكائناتِ الحيةِ على الأرض، ويصلُ تقديرُ بعضِهم لها إلى ما يقاربُ 30 مليونًا. وقد قامَ العلماءُ بوصفِ ما يقاربُ 3 ملايين نوعٍ من الكائناتِ الحيةِ حتى الآن.
- تشكِّلُ الحشراتُ والنباتاتُ معظمَ أنواعِ الكائناتِ الحيةِ على الأرض، وبالأخص في الغاباتِ المطيرةِ الاستوائية، التي يجري تدميرُها حاليًّا بوتيرةٍ سريعة.
- يقيِّمُ الناسُ التنوعَ الأحيائيَّ بالاستنادِ إلى المنفعةِ التي تركزُ على الفوائدِ الاقتصاديةِ من أنواعِ الكائناتِ الحية. تشملُ بعضُ هذه الفوائدِ الأدويةَ والأغذيةَ والموادَّ الأخرى المفيدة، والخدماتِ المتعلِّقةَ بالنظامِ البيئيّ. أما الأسبابُ غيرُ النفعيةِ المتعلقةُ بحمايةِ التنوعِ الأحيائيِّ فتستندُ إلى التأكيدِ على وجودِ قيمةٍ ذاتيةٍ للكائناتِ الحية.

مفردات

- التكافؤ (161) Evenness
- التنوعُ الأحيائيّ (163) Biodiversity
- القيمةُ غيرُ النفعية (162) Nonutilitarian value
- القيمةُ النفعية (162) Utilitarian value

3-9

- إن علمَ أحياءِ الحفاظِ على الكائناتِ الحيةِ وعلمَ أحياءِ إعادةِ إحياءِ النُّظمِ البيئيةِ هما حقلانِ جديدان. يُعنى علماءُ الأحياءِ الذين يهتمونَ بالحفاظِ على الكائناتِ الحية، بتحديدِ المناطقِ التي لم يُصِبها الإخلالُ بعد، ويُعنَوْنَ بحمايتِها. أمَّا علماءُ الأحياءِ الذين يعملونَ عادةً على إعادةِ النظمِ البيئيةِ فيُعنَوْنَ بإصلاحِ النُّظمِ البيئيةِ التي لحقتْ بها أضرارٌ بالغة.
- يبدو أن الجماعاتِ الأحيائيةَ لبعضِ الطيورِ المهاجرةِ تميلُ إلى الانخفاضِ بسببِ تدميرِ مواطِنِها البيئيةِ من قِبلِ الإنسان، غيرَ أنها تحصُلُ على المساعدةِ عن طريقِ المحمياتِ الجديدةِ والتعاونِ على المستوى الدوليّ.
- بعدَاختفاءِ قطعانِ المها البريِّ عامَ 1972 تمّتْ إعادةُ المها إلى الصحراءِ العربية.
- بعد غيابٍ دامَ 60 سنة، جرتْ بنجاحٍ عمليةُ إعادةِ الذئبِ الرماديِّ، وبأعدادٍ قليلةٍ، إلى منتزهِ يلوستون Yellowstone الوطنيِّ، بهدفِ ضبطِ الجماعاتِ الأحيائيةِ للإيَّل.
- بعد أشهرٍ من فتحِ السدودِ المغلقةِ في الأهوارِ في جنوبِ العراق، أعادَ المسؤولونَ العراقيونَ غمرَ بعضِ منطقةِ الأهوارِ بالمياه، وهي منطقةٌ فريدةٌ من نوعِها في العالم.

مفردات

- السياحةُ البيئيةُ (167) Ecotourism
- الطيرُ المهاجرُ (164) Migratory bird
- خطوطُ الطيرانِ (164) Flyways
- علمُ أحياءِ الحفاظِ على الكائناتِ الحية (163) Conservation Biology
- علمُ أحياءِ إعادةِ إحياءِ النُّظُمِ البيئية (163) Restoration Biology
- علمُ بيئةِ المدن (167) Urban ecology

مراجعة

مفردات

1. عرِّفْ عبارةَ علم المحيطِ البيئيّ.
2. تحدث عن خطوطِ الطيرانِ للطيورِ المهاجرة.
3. ما الموادُّ الكيميائيةُ التي تتوقّعُ أن تجدَها في الكلوروفلوروكربون؟

اختيارٌ من مُتعدِّد

4. الأوزونُ يساعدُ على حمايةِ الأجسامِ الحيةِ من (أ) الاصطدامِ النيزكيّ (ب) الإشعاعِ الضارّ (ج) استنزافِ الملح (د) درجاتِ الحرارةِ المتدنِّية.
5. ما الذي لا يُستخدم فيه الكلوروفلوروكربون (أ) الوقود (ب) المادَّةُ المبرِّدةُ في البرّادات (ج) المادَّةُ الدافعةُ في علبِ البخاخ (د) تنظيفُ الإلكترونيات.
6. منذ العام 1850، منسوباتُ ثاني أكسيد الكربون (أ) انخفضتْ بنسبةِ 30% (ب) ظلّتْ على ما كانت عليه تقريبًا (ج) ازدادتْ بنسبةِ 60% (د) لم يتمَّ قياسُها بشكلٍ دقيق.
7. أيُّ الأجوبةِ التالية، فيما يخصُّ التنوعَ الأحيائي، غيرُ صحيح؟
   (أ) ينخفض.
   (ب) يتمثَّلُ، في معظمِه، بالثديياتِ والزواحف.
   (ج) انخفضَ بصورةٍ حادّة، خمسَ مرّاتٍ على الأقلّ، في الماضي.
   (د) هو أعلى في الغاباتِ المطيرةِ الاستوائيةِ مما هو في أيِّ إقليمٍ أحيائيّ.
8. يقدِّر علماءُ الأحياءِ أن أكثرَ أنواعِ الكائناتِ الحيةِ على الأرض هي (أ) الحشرات (ب) النباتات (ج) الثدييّات (د) الفطريّات.
9. تشتملُ منافعُ التنوعِ الأحيائيِّ على (أ) الأدوية (ب) المنتجاتِ ذاتِ الفائدة (ج) تنقيةِ المياه (د) كلِّ هذه البدائل.
10. تتوقّفُ الطيورُ المهاجرةُ في محطاتٍ من أجلِ (أ) التكاثر (ب) البحثِ عن موطنٍ بيئيٍّ جديد (ج) تجنُّبِ الحيواناتِ المفترسة(د) التغذيةِ والاستراحة.
11. الذئابُ (أ) هي آكِلةُ لحوم (ب) تحتاجُ إلى مناطقَ برِّية (ج) تعيشُ، عادةً، وحيدةً في الغابات (د) تهاجمُ عادةً الإنسان.
12. ما الصحيحُ حاليًّا بالنسبةِ للنظامِ البيئيِّ في أهوارِ العراق؟
    (أ) منطقةُ مستنقعاتٍ مياهُها راكدة.
    (ب) تضاعفَ حجمُها خلال السنواتِ الخمسينَ المنصرمة.
    (ج) تؤمِّنُ الحياةَ لعددٍ قليلٍ جدًّا من أنواعِ الكائناتِ الحيّة.
    (د) لحقتْ بها أضرارٌ بسببِ التلوُّث.

إجابةٌ قصيرة

13. ماذا يعني علماءُ المحيطِ البيئيِّ بالاعتمادِ المتبادل؟ أعطِ مثلاً على الاعتماد المتبادل مستوحىً من هذا الفصل.
14. كيف يمكنُ لنموِّ الجماعةِ الأحيائيةِ للإنسان أن يؤثِّر في المحيطِ البيئيِّ مستقبلاً؟
15. أيُّ المجتمعاتِ الأحيائيةِ في الجدولِ الذي يلي يتصفُ بالوفرةِ الكبرى في أنواعِ الكائناتِ الحية، وبالتكافؤِ الأكبر؟ فصِّلِ الأجوبة.

الوفرةُ في أنواعِ الكائناتِ الحيةِ والتكافؤ

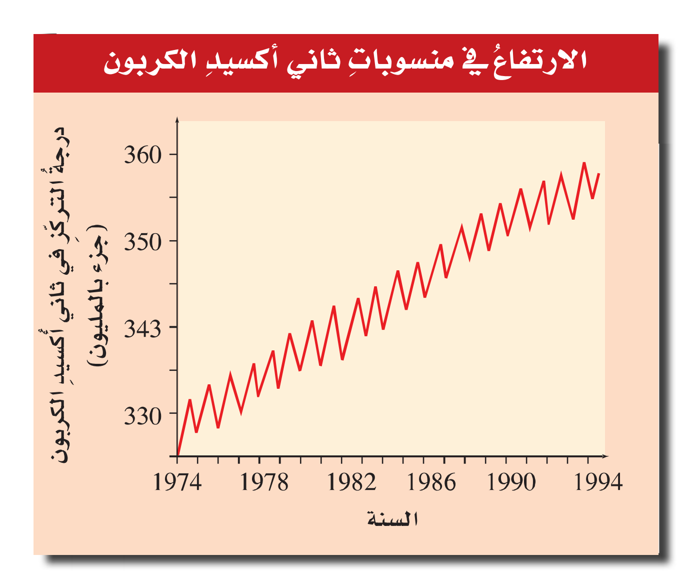
المجتمعُ الأحيائيّ	1	2	3	4
أ	7	1	1	1
ب	3	3	4	0
ج	0	9	0	1

عددُ الأفرادِ في كلِّ نوعٍ من الكائناتِ الحية

تفكيرٌ ناقد

1. يعتمدُ تكوُّنُ طبقةِ الأوزون على وجودِ الأُكسجين في الجوّ. بالاستنادِ إلى المعرفةِ التي اكتسبْتَها حولَ تاريخِ الحياة، اشرحْ كيفيةَ تأثيرِ الكائناتِ الحيةِ في طبقةِ الأوزون وتأثُّرِها بها.
2. لا بدائلَ للمياهِ النظيفةِ والعذبةِ التي يتناقصُ إمدادُ العالمِ بها. يعتقدُ علماءُ المحيطِ البيئيِّ أنه يمكنُ للمياهِ العذبةِ أن تصبحَ عاملاً محدِّدًا لنموِّ الجماعةِ الأحيائيةِ للإنسان. اشرحْ كيف يمكنُكَ أن تقدِّرَ قدرةَ الكرةِ الأرضيةِ على إعالةِ الإنسان بالاستنادِ فقط إلى توافرِ المياهِ العذبة. ما المعلوماتُ التي تحتاجُ إليها كي تنفِّذَ عمليةَ التقديرِ هذه؟ كيف يمكنُ للتطوّرِ التقنيِّ أن يغيِّرَ من تقديرِكَ هذا؟
3. ما السؤالُ الذي يمكنُكَ إضافتُه إلى القائمةِ المبيَّنةِ في الصفحة 171؟ اشرحِ اختيارَك. دع زملاءَ صفِّكَ يشاركوكَ في صياغةِ السؤال.

4. انظرْ إلى الرسمِ البيانيِّ. لاحظْ كيف تميلُ درجةُ تركُّزِ ثاني أُكسيدِ الكربون إلى التفاوتِ خلالَ كلِّ عام، برغمِ الاتجاهِ العامِّ إلى الارتفاعِ في منسوباتِ ثاني أُكسيدِ الكربون على المدى الطويل. إنها تهبطُ خلالَ فصلَيِ الربيعِ والصيفِ ترتفعُ خلالَ فصلِ الخريف. ما الذي يسبِّبُ هذا التفاوتَ، في رأيِك؟



توسيعُ آفاقِ التفكير

1. في العام 1995، نالَ ثلاثةُ علماءَ، هم بول كروتزن Paul Crutzen وشيروود رولاند Sherwood Rawland وماريو مولينا Mario Molina، جائزةَ نوبلَ في الكيمياءِ لأعمالِهم حولَ طبقةِ الأوزون. عدْ إلى مراجعَ مكتبيةٍ أو إلى قاعدةِ معلوماتٍ على الإنترنت للبحثِ عن مساهمةِ كلٍّ منهم في فهمِنا لطبقةِ الأوزون. حرِّرْ تقريرًا يوجزُ ما تعلمته.

2. كوِّنْ فريقًا مع زميلٍ لك من صفِّك، وأجيبا عن الأسئلةِ الواردةِ في الصفحة 167؟ ربما احتجتُما للعودةِ إلى مصادرَ عديدةٍ أخرى للمعلومات، من ضمنِها المراجعُ المكتبية، وقاعدةُ المعلوماتِ على الإنترنت، والوكالاتُ الحكوميةُ المحليّة، وجامعةٌ قريبة، وحديقةُ حيوانات، أو حديقةُ نبات. بعد انتهائكما من الإجابةِ عن جميعِ الأسئلة، نفِّذا ملصَقًا يعرِضُ ما اكتسبتماه من معرفة.

المفردات

أ

آكلُ العشب Herbivore كائنٌ حيٌّ مستهلِك يقتاتُ بكائناتٍ حيّةٍ منتجةٍ أولية. (132)

آكلُ اللحوم Carnivore كائنٌ حيٌّ مستهلِك يقتاتُ بكائناتٍ مستهلِكةٍ أخرى. (133)

آكلُ اللحوم والأعشاب Omnivore كائنٌ حيٌّ يأكلُ النباتاتِ والحيواناتِ في آنٍ. (133)

الاتزانُ الداخلي Homeostasis الظروفُ الداخليةُ المستقرةُ لكائنٍ حيّ. (6)

أثرُ المنطقةِ في أنواعِ الكائناتِ الحية Species-area effect نمطٌ من توزيعِ أنواعِ الكائناتِ الحيّة، حيث تحوي المناطقُ الواسعةُ عددًا من أنواعِ الكائناتِ الحيةِ يفوقُ العددَ الذي تحويه المناطقُ الصغرى. (121)

أحاديُّ التسكّر Monosaccharide سكّرٌ بسيطٌ مثلُ الفركتوز والجلوكوز. (34)

أُحاديُّ المجموعةِ الكروموسومية Haploid ذو كروموسومٍ واحدٍ فقط من كلِّ زوجٍ من الكروموسومات المتماثلة. (73)

أخدودُ الانشقاقِ Cleavage furrow منطقةٌ من الغشاءِ الخلويِّ، منخسفةٌ باتجاهِ الداخلِ وتقومُ في النهايةِ بفصلِ الخليةِ المنقسمةِ إلى قسمين. (77)

أدينوسين ثلاثيِّ الفوسفات ATP Adenosine triphosphate جزيءٌ متواجدٌ في جميعِ الخلايا الحيّةِ ويعملُ كمصدرٍ للطاقةِ في عملياتِ الأيض. (33)

أسلوب حياة الصياد ـ الجامع Hunter-gatherer lifestyle نمطُ عيشِ الرحّل، حيث يتمُّ إيجادُ الغذاءِ عن طريقِ صيدِ الحيواناتِ وقطفِ الثمارِ وجمعِ النباتاتِ البريةِ والثمارِ البحريةِ القوقعية. (109)

الاقترانُ Synapsis ازدواجُ الكروموسوماتِ المتماثلةِ خلالَ الانقسامِ المنصِّف. (79)

الإقصاءُ التنافسيّ Competitive exclusion الاستبعادُ المحلّيُّ لنوعِ كائنٍ حيٍّ نتيجةَ التنافس. (118)

الإقليمُ الأحيائيّ Biome منطقةٌ جغرافيةٌ تتميزُ بأصنافٍ خاصةٍ بها من النباتاتِ والحيوانات. (141)

الأكتين Actin أحدُ بروتينيّنِ خيطيينِ في الخليةِ العضليةِ التي تعملُ للتقلص. (57)

الالتصاق Adhesion القوةُ الجاذبةُ ما بين موادَّ من أنواعٍ مختلفة. (29)

الإنتاجيةُ الأوليةُ الإجمالية Gross primary productivity نسبةُ إنتاجِ الطاقةِ في نظامٍ بيئيٍّ معيَّن. (131)

الإنتاجيةُ الأوليةُ الصافية Net primary productivity نسبةُ تراكمِ الكتلةِ الأحيائيةِ في نظامٍ بيئيٍّ معيَّن. (131)

الانتشار Dispersion توزُّعٌ جغرافيٌّ للأفرادِ في جماعةٍ أحيائية. (104)

الأنزيم Enzyme محفِّزٌ، غالبًا ما يكونُ بروتينًا في الأنظمةِ الحيّة. (28)

الانقسامُ السيتوبلازمي Cytokinesis انقسامُ كميةِ السيتوبلازمِ في خليةٍ واحدةٍ إلى خليتينِ جديدتين. (75)

الانقسامُ المتساوي Mitosis هو الانقسامُ النوويُّ في الخلايا حقيقيةِ النواة. (74)

الانقسامُ المنصِّف Meiosis عمليةُ الانقسامِ النوويِّ التي تخفضُ عددَ الكروموسوماتِ في الخليةِ إلى النصف. (74)

الأُنَيْبيبُ الدقيق Microtubule هو أنبوبٌ أجوفُ من البروتين، يكوِّنُ أكبرَ خيوطِ الهيكلِ الخلوي. (57)

الإيزومير Isomer واحدٌ من مركَّبينِ أو عدّةِ مُركَّباتٍ، تختلفُ في التركيبِ الجزيئيِّ لا في المكوِّنات. (34)

الأيض Metabolism مجموعُ العملياتِ الكيميائيةِ في الكائناتِ الحية. (6)

ب

البحيرةُ القليلةُ الغذاء Oligotrophic lake بحيرةٌ تقلُّ فيها الموادُّ الغذائية. (152)

البحيرةُ الكثيرةُ الغذاء Eutrophic lake بحيرةٌ ذاتُ وفرةٍ في الموادِّ الغذائية. (152)

البروتين Protein مركَّبٌ عضويٌّ يتألَّفُ من سلسلةٍ واحدة، أو أكثر، من عديدِ الببتيدِ الذي يتألف بدورِه من الأحماضِ الأمينية. (35)

البروتينُ الطرفي Peripheral protein بروتينٌ متصلٌ بالسطحِ الداخليِّ أو الخارجيِّ للغشاءِ الخلوي. (52)

البروتينُ الغائر Integral protein بروتينٌ متواجدٌ داخلَ الطبقةِ المزدوجةِ للغشاءِ الخلوي. (52)

البكتيريا المثبِّتةُ للنيتروجين Nitrogen-fixing bacteria البكتيريا التي تعيشُ في جذورِ البقولِ وتحوِّلُ النيتروجينَ الجويَّ إلى أمونيا. (140)

البلاستيدة Plastid عضيٌّ في الخلايا النباتيةِ يحتوي على النشاءِ أو الدهونِ أو الأصباغ. (61)

البلاستيدةُ الخضراء Chloroplast بلاستيدةٌ تحتوي على الكلوروفيل وهي موقعُ حصولِ البناءِ الضوئي. (61)

البناءُ الضوئي Photosynthesis تحويلُ الطاقةِ الضوئيةِ إلى طاقةٍ كيميائيةٍ تخزَّنُ في مركَّباتٍ عضوية. (6)

البناءُ الكيميائيّ Chemosynthesis إنتاجُ كربوهيدراتٍ عبر استخدامِ الطاقةِ الصادرةِ عن جزيئاتٍ غيرِ عضوية، عوضًا عن استخدامِ الضوء. (131)

ت

تأثيرُ ظاهرةِ الدفيئة Greenhouse effect إحرارُ جوِّ الأرضِ الناجمُ عن الأثرِ العازلِ للغازاتِ في الجو، على مثالِ ثاني أُكسيدِ الكربونِ وبخارِ الماء. (158)

التأقلمُ البيئيّ Acclimation عمليةُ انضباطِ الكائنِ الحيِّ تجاهَ عاملٍ غيرِ حي. (96)

التايغا Taiga إقليمٌ أحيائيٌّ لغابةٍ تتميزُ بأشجارٍ دائمةِ الخضرة، وتحملُ مخروطيات. (143)

تبادلُ المنفعة Mutualism شكلٌ من التكافل، يستفيدُ منه كائنانِ حيانِ معًا من عيشِهما المشترك. (118)

تثبيتُ النيتروجين Nitrogen fixation عمليةٌ يتمُّ من خلالِها تحويلُ غازِ النيتروجينِ في الهواءِ إلى أمونيا. (140)

التجربةُ الضابطة
Controlled experiment اختبارُ متغيِّراتٍ عبر استخدامِ المقارنةِ بين مجموعةٍ ضابطةٍ ومجموعةٍ اختبارية. (13)

التحللُ بالماء Hydrolysis تفكُّكُ جزيءٍ أثناء التفاعل مع الماء. (33)

التركيبُ العمريّ Age structure توزُّعُ الأفرادِ على أعمارٍ مختلفةٍ في جماعةٍ أحيائية. (106)

التزاوجُ الداخليّ Inbreeding التناسلُ ما بين الأهل. (108)

التطور Development العمليةُ التي ينمو الكائنُ الحيّ من خلالها. (7)

التعاقب Succession استبدالٌ تعاقبيٌّ مرتقبٌ لجماعاتٍ أحيائيةٍ في نظامٍ بيئيٍّ معيَّن. (123)

التعاقبُ الأوليّ Primary succession
عمليةُ الاستبدالِ التعاقبيِّ لجماعاتٍ أحيائيةٍ في منطقةٍ لم يسبقْ أن كانت معيلة. (123)

التعاقبُ الثانويّ Secondary succession
الاستبدالُ التعاقبيُّ للجماعاتِ الأحيائيةِ في موطنٍ يشكو خللاً. (123)

التعايش Commensalism علاقةٌ في المحيطِ البيئيِّ، يستفيد منها كائنٌ حيٌّ من كائنٍ حيٍّ آخر، في حين لا يستفيدُ هذا الأخيرُ ولا يتأذى. (119)

تفاعلُ الأكسدة Oxidation reaction
تفاعلٌ كيميائيٌّ يفقدُ فيه المتفاعلُ إلكترونًا واحدًا أو أكثر، ليصبح ذا شحنةٍ موجبةٍ بدرجةٍ أكبر. (26)

تفاعلُ الأكسدةِ والاختزال
Redox reaction تفاعلٌ يتمُّ خلاله انتقالُ الإلكتروناتِ ما بين الذرات. (26)

تفاعلُ الاختزال Reduction reaction
تفاعلٌ كيميائيٌّ يكسبُ فيه المتفاعلُ إلكترونًا واحدًا أو أكثر، فيصبحُ ذا شحنةٍ سالبةٍ بدرجةٍ أكبر. (26)

التفاعلُ التكاثفي
Condensation reaction تفاعلٌ كيميائيٌّ، يتمُّ به إنتاجُ جزيءِ ماءٍ واحد. (32)

التفاعلُ الطاردُ للطاقة
Exergonic reaction تفاعلٌ كيميائيٌّ مرتبطٌ بإطلاقٍ واضحٍ لطاقةٍ حرّة صافية. (27)

تقاسمُ الموارد Resource partitioning
بين أنواعِ الكائناتِ الحيةِ المتشابهة، نمطٌ من استخدامِ المواردِ يخفِّضُ فيه النوعُ استخدامَهُ للمواردِ المشتركة. (118)

التكاثرُ Reproduction إنتاجُ كائناتٍ حيّةٍ جديدة. (7)

التكاثرُ الجنسيّ Sexual reproduction
انتاجُ كائناتٍ حيّةٍ عن طريقِ دمجِ موادَّ وراثيةٍ صادرةٍ عن كائنَين حيين هما بمثابةِ الوالدين. (82)

التكاثرُ اللاجنسيّ
Asexual reproduction عملية انتاجِ كائناتٍ حيّةٍ لا يدخلُ فيها اتحادُ الأمشاج. (82)

التكافؤ Evenness عددُ كائناتٍ حيّةٍ إفرادية تنتمي إلى كلِّ نوعٍ من الكائناتِ الحيةِ في منطقةٍ معيّنة. (161)

التكافل Symbiosis العلاقةُ بين أنواعِ الكائناتِ الحيّةِ المختلفةِ التي تعيشُ في ترابطٍ وثيق. (115)

التكبير Magnification زيادةُ الحجمِ الفعليِّ لصورةِ شيءٍ ما. (17)

التماسك Cohesion تجاذبٌ بين جزيئاتٍ من نوعٍ واحد. (29)

تمايز الخلايا Cell Differentiation
العمليةُ التي يتمُّ خلالها تخصّصُ خلايا كائنٍ حيٍّ متعددِ الخلايا، في أثناء مرحلةِ النمو. (7)

التمييز Resolution قدرةُ المجهرِ على إظهارِ التفاصيل. (17)

التندرا Tundra إقليمُ نباتاتٍ قصيرة، يشكِّلُ حزامًا متواصلاً عبر أميركا الشمالية وأوروبا وآسيا. (142)

التنوُّعُ الأحيائيّ Biodiversity عددُ أنواعِ الكائناتِ الحيّةِ في منطقةٍ معيّنةٍ خلالَ فترةٍ زمنيةٍ محدّدة. (160)

التنوُّع في الكائنات الحيّة
Species diversity مؤشّرٌ يدمجُ العددَ والوفرةَ النسبيةَ لأنواعِ الكائناتِ الحيّةِ المختلفةِ في مجتمعٍ أحيائيّ. (120)

التوزيعُ الحرّ Independent assortment
التوزيعُ العشوائيُّ لكروموسوماتٍ مختلفة، مع جيناتِها، على الأمشاجِ خلال الانقسامِ المنصِّف. (80)

ث

الثقبُ النوويّ Nuclear pore ثقبٌ صغيرٌ في الغلافِ النووي، تمرُّ عبرهُ الموادُّ، بين النواةِ والسيتوبلازم. (59)

ثنائيُّ الببتيد Dipeptide مكوّنٌ من حمضين أمينيين مرتبطين كيميائيًّا عبر تفاعلٍ تكاثفيّ. (36)

ثنائيُّ التّسكُّر Disaccharide سكرٌ مكوّنٌ من أحاديَّي تسكُّر. (35)

ثنائيةُ المجموعةِ الكروموسومية Diploid
خليةٌ تحتوي على كاملِ أزواجِ الكروموسوماتِ المتماثلة. (73)

الثيلاكويد Thylakoid كيسٌ غشائيٌّ، مسطّح، داخل البلاستيدةِ الخضراءِ يحتوي على معظمِ المكوِّناتِ المرتبطةِ بالتفاعلاتِ الضوئيةِ للبناءِ الضوئي. (61)

ج

الجدارُ الخلويّ Cell wall تركيبٌ جامدٌ يحيطُ بخلايا النباتاتِ، والفطرياتِ، والعديدِ من الطلائعيات، ومعظمِ البكتيريا. (59)

الجزيءُ العملاق Macromolecule جزيءٌ عضويٌّ كبيرٌ جدًا، يتكوَّن من العديدِ من جزيئاتٍ أصغر. (32)

الجسمُ القطبيّ Polar body إحدى ثلاثِ خلايا صغيرة تُنتَجُ وتُهمَلُ خلال الانقسامِ المنصِّفِ الذي يؤدي إلى انتاجِ البويضةِ ذاتِ الكروموسوماتِ الأُحاديةِ العدد. (82)

الجسمُ المركزيّ Centrosome جسمٌ داكنٌ يحتوي على المريكزِ في الخلايا الحيوانيةِ، دون الخلايا النباتية، وتشعُّ منه خيوطُ المغزلِ استعدادًا للانقسامِ المتساوي. (76)

الجليسيريدُ الثلاثيُّ Triglyceride دهنٌ مكوَّنٌ من ثلاثةِ جزيئاتٍ من الحمضِ الدهنيّ وجزيءِ جليسرول واحد. (38)

الجماعةُ الأحيائية Population جميعُ أفرادِ نوعٍ من الكائناتِ الحيّةِ تعيشُ في المنطقةِ نفسِها وتكوِّنُ مجموعة تناسلية. (90)

الجهاز System مجموعةٌ من الأعضاءِ التي تتفاعلُ فيما بينها كي تؤدي مجموعةً من المهامِّ المتصلةِ بعضِها ببعض. (65)

جهازُ جولجي Golgi apparatus مجموعةٌ من الأغشيةِ في الخلايا حقيقيةِ النواة، تقومُ بإجراءِ تعديل على البروتيناتِ التي تصدرُها الخلية. (56)

ح

الحشوةُ النوويةُ Nuclear matrix أو الهيكلُ النوويّ، بروتينٌ يحافظُ على شكلِ نواةِ الخلية. (58)

الحمضُ الأمينيُّ Amino acid حمضٌ كربوكسيليٌّ مع مجموعةٍ وظيفيةٍ أمينية، هي إحدى الوحداتِ البنائيةِ العشرينَ التي تكوِّنُ البروتينات. (35)

الحمضُ الدهنيّ Fatty acid وحدةٌ بنائية تكوِّنُ جزءًا من معظم الدهون. (37)

الحمضُ النوويّ Nucleic acid جزيءٌ عضويّ، يشملُ الحمضَ النوويَّ منقوصَ الأكسجين والحمضَ النوويَّ الرايبوزيّ، وهو يخزِّنُ ويحملُ معلوماتٍ هامةً لوظائفِ الخلية. (39)

الحمضُ النوويُّ الرايبوزي Ribonucleic acid (RNA) حمضٌ نوويٌّ يتألفُ من نيوكليوتيدات ويعملُ في بناءِ البروتينات. (39)

الحمضُ النوويُّ منقوصُ الأكسجين Deoxyribonucleic acid (DNA) حمضٌ نوويٌّ يتألفُ من نيوكليوتيداتٍ ويحملُ المعلوماتِ الوراثية. (39)

خ

الخاصيةُ الشَّعْرية Capillarity تفاعلٌ لسطحِ سائلٍ مع مادةٍ صلبة، وهي تسمحُ للماءِ بالتصاعدُ داخلَ وعاءٍ ضيق. (30)

خطُّ الطيران Flyway المسارُ الذي تتبعُهُ الطيورُ المهاجرة. (164)

الخلية Cell بنيةٌ تركيبيةٌ محاطةٌ بغشاء، وهي بمثابةِ الوحدةِ الأساسيةِ للحياة. (47)

الخيطُ الدقيق Microfilament سلسلةٌ عديدةُ الوحداتِ للأكتين البروتينيّ. وهو الخيطُ الأصغرُ في الهيكلِ الخلوي. (57)

خيطُ المغزل Spindle fiber أحدُ الأنيبيباتِ الدقيقةِ التي تمتدُّ عبر خليةٍ حقيقيةِ النواةِ أثناءَ انقسامِها، وهو يساهمُ في انتقالِ الكروموسومات. (57)

د

الدهن Lipid مركَّبٌ عضويٌّ لا يذوبُ في الماء، مثلُ الشحوم والستيرويدات. (37)

الدهنُ المفسفر Phospholipid دهنٌ معقَّد، يدخلُهُ الفوسفور، وهو ذو حمضَيْنِ دهنيين لا ثلاثة، موصولين بواسطةِ جزيءٍ من الجليسرول. (38)

دورةُ حياةِ الخلية Cell cycle المراحلُ التي تمرُّ بها الخليةُ خلال حياتِها وتشتملُ على انقسامِ الخليةِ والطورِ البيني. (75)

دورةُ الكربون Carbon cycle العمليةُ التي يتمُّ فيها تدويرُ الكربون ضمنَ الغلافِ الأحيائيّ. (138)

دورةُ الماء Water cycle انتقالُ الماء ما بين الأرضِ والجوِّ والكتلِ المائية. (137)

دورةُ النيتروجين Nitrogen cycle المسارُ الذي يتبعه النيتروجينُ ضمن نظامٍ بيئيٍّ معيَّن. (139)

ذ

ذاتيُّ التغذية Autotroph كائنٌ حيٌّ يستخدمُ الطاقةَ في إنتاجِ الجزيئاتِ العضويةِ انطلاقًا من موادَّ غيرِ عضوية. (6)

ذو النفاذيةِ الانتقائية Selectively permeable يُبقي بعض الجزيئاتِ في الخارج، ويسمحُ لغيرها بالعبور. (51)

ر

الرابطةُ الببتيدية Peptide bond ترابطٌ تساهميٌّ بين حمضين أمينيين. (36)

الرابطةُ الهيدروجينية Hydrogen bond رابطةٌ كيميائيةٌ ضعيفة بين ذرةِ هيدروجين في جزيءٍ وبين منطقة ذاتِ شحنةٍ سالبةٍ في جزيءٍ آخر. (29)

الرايبوسوم Ribosome عُضَيٌّ يعملُ في بناءِ البروتينات. (55)

س

السبات Dormancy حالةُ انخفاضِ عملياتِ الأيض. (96)

الستيرويد Steroid دهنٌ يتكونُ جزيئُهُ من أربعةِ حلقاتٍ كربونية. (39)

السفانا Savanna أراضٍ عشبيةٌ مداريةٌ أو شبهُ مداريةٍ ذاتُ أشجارٍ وشجيراتٍ مشتتة. (145)

سقفُ الغابة Canopy طبقةُ رؤوسِ الأشجارِ التي تظلِّلُ أرضَ الغابة. (146)

السلسلةُ الغذائية Food chain مسارٌ يبدأ بالكائناتِ الحيةِ المنتجة، يجري عبره انتقالُ الطاقةِ من مستوًى غذائيٍّ إلى مستوًى غذائيٍّ آخر. (134)

السوط Flagellum تركيبٌ على شكلِ شُعَيرة، مكوَّن من أنيبيباتٍ دقيقةٍ تعملُ على تأمينِ حركةِ الانتقال. (57)

السياحةُ البيئية Ecotourism نوعٌ من السياحةِ يساعدُ السكانَ المحلّيينَ في كسبِ المالِ عبر استثمارِ نظامٍ بيئيٍّ لم تمسَّهُ اليد. يدفعُ السّياحُ قيمةَ كلفةِ الأدلّاءِ المتخصّصينَ في ميدانِ الطعامِ وكلفةَ إيوائهم للقيامِ برحلةٍ سياحيةٍ في النظامِ البيئيّ. (167)

السيتوبلازم Cytoplasm منطقةٌ من الخلية، بين الغشاءِ الخلويِّ والنواة، مكوَّنةٌ من السيتوسول والعضيّات. (53)

السيتوسول Cytosol السائلُ المائيُّ الشبيهُ بالهلام، تسبحُ فيه العضيّاتُ داخل الغشاءِ الخلوي. (53)

ش

الشبكةُ البلازميةُ الداخلية Endoplasmic reticulum مجموعةٌ من القنواتِ والأكياسِ الغشائيةِ في الخلايا حقيقيةِ النواة، وهي بمثابةِ مسارٍ تنتقلُ الجزيئاتُ عبره من أحدِ أجزاءِ الخليةِ إلى آخر. (55)

الشبكةُ البلازميةُ الداخليةُ الخشنة Rough endoplasmic reticulum قسمٌ من الشبكةِ البلازميةِ الداخليةِ يحتوي على رايبوسوماتٍ ملتصقة به. (56)

الشبكةُ البلازميةُ الداخليةُ الملساء Smooth endoplasmic reticulum جزءٌ من الشبكةِ البلازميةِ الداخلية، يفتقرُ إلى الرايبوسوماتِ المتصلة به. (56)

الشبكةُ الغذائية Food web السلاسلُ الغذائيةُ المتداخلةُ في نظامٍ بيئيٍّ معيَّن. (135)

ص

الصحراء Desert منطقةٌ تكونُ فيها معدلاتُ هطولِ المطرِ دون 25 cm في السنة. (144)

الصفيحةُ الخلويةُ Cell plate غشاءٌ يفصلُ بين الخلايا النباتيةِ المتكوّنة، إثر الانقسام المتساوي. (77)

ط

طاقةُ التنشيط Activation energy كميةٌ من الطاقة، مطلوبةٌ في تفاعلٍ كيميائيٍّ كي يبدأ، ويتواصلَ بذاته. (28)

طبقةُ الجَمَدِ السرمديّ Permafrost هي في التندرا طبقةٌ من الأرضِ المتجمّدةِ بصورةٍ دائمة. (142)

الطفيليُّ الخارجيّ Ectoparasite طفيليٌّ يعيشُ على العائلِ دون دخولِهِ إلى جسمِه. (117)

الطفيليّ الداخليّ Endoparasite طفيليٌّ يعيشُ داخلَ جسمِ العائل. (117)

الطليعة المنوية Spermatid خليةٌ لها نصفُ عددِ الكروموسومات، تتحولُ بعد الانقسامِ المنصِّفِ إلى حيوانٍ منويّ. (82)

الطورُ الاستوائيّ Metaphase الطورُ الثاني للانقسامِ المتساوي، الذي تنتقلُ فيه الكروموسوماتُ كلُّها إلى خطِّ الإستواءِ الخلويّ. (76)

الطورُ الانفصاليّ Anaphase يتمُّ فيه انفصالُ الكروموسوماتِ عن بعضِها. (76)

الطورُ البينيّ Interphase فترةٌ من نموِّ الخليةِ وتطورِها تسبقُ انقسامَ خليةٍ حقيقيةِ النواة. (75)

الطورُ التمهيديّ Prophase هو الطورُ الأولُ من الانقسامِ المتساوي والانقسامِ المنصِّف، وهو يتصفُ بتكاثفِ الكروموسومات. (76)

الطورُ النهائيّ Telophase هو الطورُ الأخيرُ من الانقسامِ المتساوي والانقسامِ المنصِّف، ويتشكّلُ خلاله الغشاءُ النوويُّ حولَ كلِّ مجموعةٍ من الكروموسوماتِ الجديدة. (77)

الطيرُ المهاجر Migratory bird طيرٌ يقضي فصلَ الشتاءِ في المناطقِ المداريةِ ثم يسافرُ إلى مناطقَ معتدلةٍ بغرضِ التكاثرِ وتربيةِ صغارِه. (164)

ع

العائلُ Host يقتاتُ منهُ كائنٌ حيٌّ طفيلي. (117)

العاملُ البيئيُّ الحيّ Biotic factor مكوِّنٌ حيٌّ في نظامٍ أحيائيٍّ معيَّن. (94)

العاملُ البيئيُّ غيرُ الحيّ Abiotic factor مكوِّنٌ غيرُ حيٍّ في نظامٍ أحيائيٍّ معيَّن. (94)

العاملُ الحدّيّ Limiting factor عاملٌ بيئيٌّ حيٌّ أو غيرُ حيٍّ يقيّدُ نموَّ جماعةٍ أحيائية. (111)

العاملُ غيرُ معتمِدِ الكثافة Density-independent factor متغيِّرٌ يؤثِّرُ في حجمِ جماعةٍ أحيائيةٍ بصرفِ النظرِ عن كثافتِها. (107)

العاملُ معتمِدِ الكثافة Density-dependent factor متغيِّرٌ يرتبطُ بكثافةِ جماعةٍ أحيائيةٍ ويؤثِّرُ في حجمِ الجماعةِ الأحيائية. (107)

العبور Crossing-over تبادلُ الجيناتِ بين أقسامٍ متوافقةٍ من الكروموسوماتِ المتماثلةِ خلالَ الانقسامِ المنصف. (80)

العدسةُ العينيةُ Ocular lens هي الموجودةُ في القطعةِ العينيةِ للمجهر. (17)

عديدُ الببتيد Polypeptide سلسلةٌ طويلةٌ من أحماضٍ أمينيةٍ عديدة. (36)

عديدُ التّسكُّر Polysaccharide كربوهيدراتٌ معقّدةٌ تتألّفُ من ثلاثةٍ من أُحادياتِ التّسكُّرِ أو أكثر. (35)

عديدُ الوحداتِ البنائية Polymer مركّبٌ مؤلّفٌ من وحداتٍ بنائيةٍ متكررةٍ ومتصلةٍ بعضِها ببعض. (32)

العُرف Crista طيّةٌ في الغشاءِ الداخليِّ للميتوكوندريا. (54)

العضو Organ أنواعٌ عديدةٌ من أنسجةِ الجسم، تؤدي معًا وظيفةً معينة. (64)

العُضَيّ Organelle أحدُ الأجسامِ المكوِّنةِ الموجودةِ في السيتوبلازم، له وظيفةٌ تخصصية، ويتواجدُ في الخلايا حقيقيةِ النواة. (49)

علمُ أحياءِ إعادةِ إحياءِ النظمِ البيئية Restoration Biology العلمُ الذي يعكسُ التغيُّراتِ الرئيسةَ في النظمِ البيئية، ويقومُ بإعادةِ المكوّناتِ المفقودةِ إلى النظامِ البيئيّ. (163)

علمُ أحياءِ الحفاظِ على الكائناتِ الحيّة Conservation Biology فرعٌ من علمِ الأحياءِ يهتمُّ بالحفاظِ على التنوُّعِ البيئيِّ في المناطقِ الطبيعية. (163)

علمُ البيئة Ecology دراسةُ العلاقةِ بين الكائناتِ الحيّةِ ومحيطِها البيئي. (89)

علمُ بيئةِ المدن Urban ecology حقلُ علمٍ محيطٍ بيئيٍّ جديدٍ يواجهُ فيه الإنسانُ تحدِّيَ الزيادة في تنوُّعِ الكائناتِ الحيّةِ حتى في أكثرِ المناطقِ تطورًا. (167)

عمليةُ إنتاجِ الأمونيا Ammonification إنتاجُ مركّباتِ الأمونيا خلالَ دورةِ النيتروجين. (140)

عمليةُ تكوينِ البويضات Oogenesis عمليةُ إنتاجِ البويضاتِ الناضجة. (82)

عمليةُ تكوينِ الحيواناتِ المنوية Spermatogenesis عمليةُ إنتاجِ الحيواناتِ المنوية. (82)

العمليةُ العاكسةُ للنترتة Denitrification الخطوةُ الأخيرةُ في دورةِ النيتروجين، التي تجري عبرَها إعادةُ غازِ النيتروجين إلى الجوّ. (140)

العوالق Plankton الكائناتُ الحيّةُ النباتيةُ والحيوانيةُ الصغيرةُ الغزيرةُ التي تتجرفُ أو تسبحُ نوعًا ما بالقربِ من سطحِ كتلةٍ مائية. (149)

غ

الغابةُ المطيرةُ الاستوائية Tropical rain forest إقليمٌ يقعُ بالقربِ من خطِّ الاستواءِ يتميّزُ بكميةٍ كبيرةٍ من الأمطارِ ومن ضوءِ الشمس. (145)

الغابةُ النفضيةُ المعتدلةُ المناخ Temperate deciduous forest غابةٌ تتميزُ بأشجارٍ تتساقطُ أوراقُها خلالَ فصلِ الخريف. (143)

الغشاءُ الخلويّ Cell membrane طبقةٌ دهنيةٌ ـ بروتينيةٌ مزدوجة تشكلُ الحدودَ الخارجيةَ للخلية. (50)

الغلافُ النوويّ Nuclear envelope غشاءٌ مزدوجٌ يحيطُ بالنواةِ في الخليةِ حقيقيةِ النواة. (58)

الغلافُ الأحيائيّ Biosphere قشرةُ الأرضِ وما يحيطُ بها، حيث تتواجدُ الحياة. (89)

غيرُذاتيّ التغذية Heterotroph كائنٌ حيٌّ يحصلُ على جزيئاتِ الغذاءِ العضويةِ عن طريقِ أكلِ الكائناتِ الحيةِ الأخرى أو منتجاتِها. (6)

ف

الفجوة Vacuole عُضَيٌّ مليءٌ بسائل، يخزّنُ أنزيماتٍ أو نفاياتٍ أيضيةً في خليةٍ نباتية. (60)

الفرَضية Hypothesis افتراضٌ يمكنُ اختبارُهُ عبر تجربة. (12)

ق

قدرةُ الإعالة Carrying capacity عددُ أفرادِ نوعٍ من الكائناتِ الحيةِ يمكنُ أن يعيلَهُ نظامٌ أحيائيّ. (107)

قدرةُ التكبير Power of magnification هي عاملُ التكبير. (18)

القطعةُ المركزية Centromere منطقةٌ من الكروموسوم، يتمُّ فيها الربطُ بين كروماتيدين شقيقين، وهي موقعُ تعليقِ الكروموسوم على خيوطِ المغزلِ خلال الانقسامِ المتساوي. (71)

القيمةُ غيرُ النفعية Nonutilitarian value القيمةُ الذاتيةُ للتنوّعِ في الكائناتِ الحيّة، بصرفِ النظرِ عن أيِّ استخدامٍ لها من قبلِ الإنسان، وأيِّ قيمةٍ اقتصادية. (162)

القيمةُ النفعية Utilitarian value طريقةٌ لربطِ أهميةِ تنوُّعِ الكائناتِ الحيّةِ بالفوائدِ الاقتصاديةِ التي يؤمّنُها التنوّعُ في الكائناتِ الحيّةِ للناس. (162)

ك

الكائن أُحاديُّ الخلية Unicellular organism كائنٌ حيٌّ مكوَّنٌ من خليّةٍ واحدة. (5)

الكائنُ بدائيُّ النواة Prokaryote كائنٌ حيٌّ أحاديُّ الخليةِ غيرُ مزوَّدٍ بالنواةِ والعضيّاتِ المحاطةِ بغشاء. (50)

الكائنُ حقيقيُّ النواة Eukaryote خليةٌ تحتوي على نواةٍ وعلى عضياتٍ محاطةٍ بغشاء. (50)

الكائنُ الحيُّ الاختصاصيّ Specialist نوعٌ من الكائناتِ الحيةِ ذو نمطٍ حياتيٍّ ضيّقِ النطاق، باستطاعتِهِ تحمُّلُ مدًى ضيقٍ من الظروفِ ويستخدمُ عددًا قليلاً فقط من الموارِدِ الخاصة. (98)

الكائنُ الحيُّ اللااختصاصيّ Generalist نوعٌ ذو نمطٍ حياتيٍّ واسعِ النطاق، يمكنُهُ تحمُّلُ مدًى واسعٍ من الظروف، وباستطاعتِهِ استخدامُ أنواعٍ كثيرةٍ من الموارد. (98)

الكائنُ الحيُّ المترمّم Detritivore كائنٌ حيٌّ مستهلِك، يقتاتُ من نباتاتٍ وحيواناتٍ ميّتة. (133)

الكائنُ الحيُّ المتوافق Conformer كائنٌ حيٌّ لا يقومُ بتعديلِ محيطِهِ البيئيِّ الداخليّ. (96)

الكائنُ الحيُّ المحلِّل Decomposer كائنٌ حيٌّ يحصلُ على موادَّ غذائيةٍ من نباتاتٍ وحيواناتٍ ميّتة. (133)

الكائنُ الحيُّ المستهلِك Consumer كائنٌ غيرُ ذاتيِّ التغذية، يحصُلُ على الطاقةِ من جزيئاتٍ عضويةٍ تصنعُها كائناتٌ حيّةٌ أخرى. (132)

الكائنُ الحيُّ المعدِّل Regulator كائنٌ حيٌّ يستخدمُ الطاقةَ في ضبطِ محيطِهِ البيئيِّ الداخليّ. (96)

الكائنُ الحيُّ المنتِج Producer كائنٌ حيٌّ ذاتيُّ التغذية، يمتصُّ الطاقةَ لصنعِ جزيئاتٍ عضوية. (131)

الكائنُ عديدُ الخلايا Multicellular organism كائنٌ حيٌّ يتألفُ من أكثرَ من خليةٍ واحدة. (5)

كارِهٌ للماء Hydrophobic جزيءٌ يطردُ الماء. (38)

الكتلةُ الأحيائية Biomass الوزنُ الجافُّ للموادِّ العضويةِ في نظامٍ أحيائيٍّ معيّن. (131)

كثافة الجماعة الأحيائية Population density عددُ أفرادِ جماعةٍ أحيائيةٍ في منطقةٍ معيّنةٍ خلالَ فترةٍ زمنيةٍ محدّدة. (104)

الكربوهيدرات Carbohydrate مركّبٌ عضويٌّ موجودٌ في خلايا الكائناتِ الحيّةِ كلِّها، ومادة غذائية رئيسةٌ ومصدرٌ للطاقة. (34)

الكروماتيد Chromatid أحدُ الجزءينِ المتطابقينِ لكروموسومٍ واحد. (71)

الكروماتين Chromatin الحمضُ النوويُّ منقوصُ الأكسجينِ وبروتيناتُهُ داخل نواةِ خليةٍ ليست في طورِ الانقسام. (59)

الكروموسومُ Chromosome الحمضُ النوويُّ منقوصُ الأكسجينِ وبروتيناتُه، على شكلِ عصا ذاتِ التفافٍ حلزونيٍّ يظهرُ خلالَ الانقسامِ الخلويّ. (59)

الكروموسومُ الجسميّ Autosome الكروموسومُ غيرُ الجنسيّ. (72)

الكروموسومُ الجنسيّ Sex chromosome كروموسومٌ يحدِّدُ الجنس. (72)

الكلوروفلوروكربون Chlorofluorocarbon فئةٌ من الموادِّ الكيميائيةِ الصناعيةِ التي تَبيَّنَ أنها تدمِّرُ طبقةَ الأوزونِ في الطبقةِ الجويةِ العليا. (157)

ل

الليسوسوم Lysosome عضيٌّ يحتوي على أنزيماتٍ هضمية، ويتواجدُ بصورةٍ أساسيةٍ في الخلايا الحيوانية. (56)

م

المادةُ المتفاعلة Reactant مركّبٌ أو ذرةٌ تدخلُ في تفاعلٍ كيميائيّ. (25)

المادة المتفاعلة بالأنزيم Substrate هي الجزءُ أو المادةُ أو العنصرُ الذي يتفاعلُ في أيِّ تفاعلٍ يحفزِّه الأنزيم. (36)

المادةُ المحفِّزة Catalyst مادةٌ كيميائيةٌ تخفضُ كميةَ طاقةِ التنشيطِ المطلوبةِ للتفاعل، لكنها ليست متفاعِلة. (28)

المتغيِّرُ التابع Dependent variable هو المتغيِّرُ المستجيبُ في اختبارٍ محدد. (13)

المتغيِّرُ المستقل Independent variable متغيِّرٌ يجري العملُ عليه اختباريًّا. (13)

المجتمعُ الأحيائيّ Community كلّ الجماعاتِ الأحيائيةِ في منطقةٍ واحدة. (90)

المجموعةُ الضابطة Control group مجموعةٌ أو فرد، في تجربة، للاستخدامِ كمعيارٍ قياسيٍّ للمقارنةِ بمجموعةٍ أخرى بفردٍ آخر، حيثُ يتطابقُ كلُّ شيءٍ

باستثناءِ عاملٍ واحد. **(13)**

المجموعةُ الوظيفيةُ Functional group كتلةٌ تركيبيةٌ تحدّدُ خصائصَ مركّبٍ كيميائيّ. **(32)**

المجهرُ الإلكترونيّ Electron microscope (EM) جهازٌ يعتمدُ شعاعًا من الإلكترونات، عوضًا عن شعاعٍ ضوئيّ، لتكبيرِ صورةِ جسمٍ صغيرٍ للغاية، بحيثُ يصبحُ مرئيًّا. **(18)**

المجهرُ الإلكترونيُّ الماسح Scanning electron microscope (SEM) مجهرٌ ينتجُ صورًا مكبرةً لسطحِ شيءٍ ما عن طريقِ شعاعٍ من الإلكتروناتِ بدلاً من الشعاعِ الضوئيّ. **(18)**

المجهرُ الإلكترونيُّ النافذ (TEM) Transmission electron microscope مجهرٌ يصدرُ شعاعًا إلكترونيًّا عوضًا عن شعاعٍ ضوئيّ، عبر عيّنةٍ قطعت على صورةِ شريحةٍ رقيقة. **(18)**

المجهرُ الضوئيُّ المركّب (LM) Compound light microscope جهازٌ يكبِّرُ الأشياءَ الصغيرةَ بحيثُ يصبحُ من السهلِ رؤيتُها، ويعتمدُ عدستينِ أو أكثر. **(17)**

المحاكاة Mimicry عمليةُ دفاعٍ يأخذُ من خلالِها كائنٌ حيٌّ مظهرَ كائنٍ حيٍّ آخر. **(116)**

محبٌّ للماء Hydrophilic ما يتعلّقُ بالاجتذابِ الجزيئيِّ للماء. **(38)**

مخططُ الكروموسومات Karyotype صورةٌ عن كروموسوماتٍ تخصُّ الفرد. **(73)**

مدى العمرِ المتوقَّع Life expectancy معدَّلُ العمرِ المتوقعِ لحياةِ فردٍ ما. **(105)**

مرحلةُ الانقسامِ المتساوي للنواة M phase طورُ انقسامٍ خلويٍّ يجري فيه انقسامُ النواة. **(75)**

مرحلةُ البناء S phase الفترةُ الثانيةُ من الطورِ البينيّ، يجري خلالَها نسخُ الحمضِ النوويِّ منقوصِ الأكسجين. **(75)**

مرحلةُ السكون G_0 phase مرحلةٌ في دورةِ حياةِ الخلية، لا تنقسمُ الخليةُ خلاله، ولا يتمُّ أثناءهُ نسخُ حمضِها المنقوصِ الأكسجين. **(75)**

مرحلةُ النمو الأول G_1 phase الفترةُ الأولى من الطورِ البينيّ، خلالها تضاعفُ الخليةُ حجمَها. **(75)**

مرحلةُ النموِّ الثاني G_2 phase الفترةُ الأخيرةُ من الطورِ البينيّ، تنمو خلالَها الخليةُ بصورةٍ سريعةٍ وتستعدُّ للانقسامِ المتساوي. **(75)**

المركَّبُ الثانويّ Secondary compound مادةٌ سامَّةٌ، أو مزعجةٌ أو ذاتُ طعمٍ سيِّئ، تصنعُها نباتاتٌ كآليةٍ دفاعية. **(117)**

المركَّبُ العضويّ Organic compound مركَّبٌ مصدرُهُ الكائناتُ الحيةُ، ويحتوي على الكربون. **(31)**

المريكز Centriole تركيبٌ يظهرُ خلالَ الانقسامِ المتساوي في الخلايا الحيوانية. **(76)**

المستوى الغذائيّ Trophic level منسوبُ التغذيةِ في نظامٍ بيئيٍّ معيَّن. **(134)**

المشيج Gamete خليةٌ تناسلية **(79)**

مقياسُ الرقمِ الهيدروجينيّ pH scale المدى الرقميُّ الذي يعبِّرُ بطريقةِ الكمِّ عن درجاتِ التركيزِ النسبيةِ لأيوناتِ الهيدروجينِ وأيوناتِ الهيدروكسيدِ في محلولٍ محدد. **(27)**

الملقِّح Pollinator حيوانٌ ينقلُ حبوبَ اللقاح، كالحشراتِ أو الطيورِ أو الخفافيش، من نبتةٍ إلى نبتة. **(119)**

منحنى البقاءِ على قيدِ الحياة Survivorship curve رسمٌ بيانيٌّ لبياناتِ نسبةِ الوفَيات، لنوعِ كائنٍ حيّ. **(106)**

منحنى التحمُّل Tolerance curve رسمٌ بيانيٌّ لتسامحِ كائنٍ حيٍّ تجاهَ مدًى متغيِّرٍ معيَّنٍ في المحيطِ البيئيّ. **(95)**

منطقةُ الرفوفِ البحرية Neritic zone منطقةٌ شبهُ محيطيةٍ تغطّي الجرفَ القاريّ. **(149)**

المنطقةُ الضوئية Photic zone طبقةٌ من المحيطِ يصلُها الضوء. **(148)**

المنطقةُ القاعية Benthic zone منطقةُ قيعانِ المحيطات. **(149)**

المنطقةُ اللاضوئية Aphotic zone طبقةُ مياهِ المحيطِ التي لا يصلُها أيُّ ضوء. **(148)**

منطقةُ ما بينَ المدِّ والجزر Intertidal zone منطقةٌ على طولِ سواحلِ المحيطاتِ تجري فيها حركاتُ المدِّ والجزرِ بصورةٍ متكررة. **(149)**

المنطقةُ المحيطية Oceanic zone إحدى المنطقتينِ شبهِ المحيطيتينِ من المنطقةِ البحريةِ الصرفة. **(149)**

منطقةُ مصبِّ النهرِ في البحر Estuary إقليمٌ مائيٌّ تلتقي فيه المياهُ العذبةُ للأنهارِ والجداولِ بمياهِ البحرِ المالحة. وهو موقعُ التقاءِ المدِّ والجزرِ بتياراتِ الأنهار. **(150)**

الموطنُ البيئيّ Habitat المنطقةُ التي تعيشُ فيها كائناتٌ حية. **(94)**

المياهُ الجوفية Ground water مياهٌ تتواجدُ في التربةِ أو في التكويناتِ الصخريةِ الجوفيةِ ذاتِ الثقوب. **(137)**

الميتوكوندريون Mitochondrion موقعُ التنفسِ في الخليةِ حيث يتواجدُ الأكسجينُ لدى الخلايا حقيقيةِ النواة. **(54)**

ن

النبتةُ الملتصقة Epiphyte نبتةٌ تنمو على نباتاتٍ أخرى. **(146)**

النتح Transpiration تبخُّرُ الماءِ عبر الثغور. **(138)**

النترتة Nitrification عمليةُ إنتاجِ النتريتِ والنتراتِ خلالَ دورةِ النيتروجين. **(140)**

نسبةُ الوفَيات Death/mortality rate عددُ الوفياتِ التي تحصلُ خلالَ فترةٍ زمنيةٍ محددة. **(105)**

نسبةُ الولادات Birth rate عددُ الولاداتِ التي تحصلُ خلالَ فترةٍ زمنيةٍ محدَّدة. **(105)**

النسيج Tissue هو، في معظمِ الكائناتِ الحيةِ متعددةِ الخلايا، مجموعة من الخلايا المماثلةِ التي تنفّذُ وظيفةً مشتركة. **(64)**

النظامُ البيئيّ Ecosystem جميعُ المكوناتِ الحيةِ وغيرِ الحيةِ في محيطٍ بيئيّ. **(89)**

النظامُ العالميُّ للوحداتِ SI هو المعاييرُ العلميةُ لعملياتِ القياسِ التي تعتمدُ مجموعةً من الوحداتِ التي تصفُ الطولَ والوزنَ والوقتَ والصفاتِ الأخرى للمادة. **(19)**

النظريةُ Theory هي صيغةٌ واسعةٌ وشاملةٌ لما يُعتقدُ أنه حقيقي، مدعمةٌ بأدلةٍ عمليةٍ ناتجةٍ من اختبارِ فرضياتٍ عدة تتعلق

ببعضِها. (15)

النظريةُ الخلوية Cell theory هي النظريةُ التي تقولُ بأن جميعَ الكائناتِ الحيةِ مكوَّنةٌ من خلايا، وأن الخلايا هي الوحداتُ الأساسيةُ للكائناتِ الحية، وأن الخلايا تأتي فقط من انقسامِ خلايا سابقة. (47)

النمطُ الحياتيّ Niche طريقةُ عيشِ نوعٍ من الكائناتِ الحية. (97)

النموذجُ الفسيفسائي المائع Fluid mosaic model نموذجٌ لتركيبِ الغشاءِ الخلويِّ يمثلُ الطبيعةَ الديناميةَ للدهونِ والبروتيناتِ الغشائية. (53)

النواة Nucleus هي، في الخليةِ حقيقيةِ النواة، العضيُّ الذي يحتوي على معظمِ الحمضِ النوويِّ منقوصِ الاكسجين، ويوجِّهُ معظمَ نشاطاتِ الخلية. (50)

نوعُ الكائنِ الحيِّ الرائد Pioneer species أولُ نوعٍ من كائناتٍ حيةٍ تستوطنُ موطنًا بيئيًا جديدًا. (123)

النوية Nucleolus هي التركيبُ الذي يتمُّ فيه انتاجُ الرايبوسوماتِ وتجميعُها. وتتواجدُ النويةُ في كلِّ نواةٍ تقريبًا. (59)

النيوكليوتيد Nucleotide الوحدةُ البنائيةُ للحمضِ النوويِّ منقوصِ الأكسجين والحمضِ النوويِّ الرايبوزي، وهو يتألفُ من قاعدةٍ نيتروجينيةٍ وسكَّرٍ خماسيّ ومجموعةٍ وظائفيةٍ فوسفاتية. (39)

هـ

الهِجْرةُ إلى الخارج Emigration انتقالُ أفرادٍ إلى خارجِ جماعةٍ أحيائية. (97)

الهجرةُ إلى الداخل Immigration انتقالُ أفرادٍ إلى داخلِ جماعةٍ أحيائية. (96)

الهُدْب Cilium هو عضيٌّ قصيرٌ شبيهٌ بشعيرة، يبرزُ من خليةٍ ويعمل في الانتقال، أو في حركةِ الموادِّ التي تعبرُ سطحَ الخلية. (57)

الهستون Histone جزيءٌ بروتينيٌّ يلتفُّ حوله الحمضُ النووي منقوصُ الأكسجين، خلال تكوُّنِ الكروموسوم. (71)

الهيكلُ الخلويّ Cytoskeleton شبكةٌ من الخيوطِ البروتينيةِ الطويلةِ في السيتوسول تساعدُ في الحفاظِ على الشكلِ والحجمِ لخليةٍ حقيقيةِ النواة. (57)

و

الوحدةُ الأساسية Base unit إحدى الوحداتِ الأساسيةِ السبعِ لعملياتِ القياسِ الخاصةِ بالمقاييسِ الدولية، والتي تصفُ الطولَ، والوزنَ، والوقتَ، والمقاديرَ الأخرى. (19)

الوحدةُ البنائية Monomer وحدةُ جزيءٍ منفرد، تتكرَّرُ في عديدِ الوحداتِ البنائية. (32)

الوحدةُ الرباعية Tetrad مجموعةٌ من كروموسومينِ متماثلينِ لكلٍّ منهما كروماتيدان خلال الانقسامِ المنصِّف. (79)

الوفرةُ في أنواعِ الكائناتِ الحية Species richness عددُ أنواعِ الكائناتِ الحيةِ في مجتمعٍ أحيائيّ. (120)